



TUGAS AKHIR - RC141501

MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGUNAKAN *FLAT SLAB* PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTAS AMPANG

JAKA SETYADI AS
NRP 3112 106 038

Dosen Pembimbing
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. R. SOEWARDJOJO, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - RC141501

**MODIFICATION DESIGN STRUCTURES USING
FLATE SLAB OF HOTEL BUILDING PKPRI
TRUNOJOYO SAMPANG CITY**

**JAKA SETYADI AS
NRP 3112 106 038**

**Academic Supervisor:
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. R. SOEWARDJO, M.Sc**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR
MENGUNAKAN *FLAT SLAB*
PADA GEDUNG HOTEL
PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

JAKA SETYADI AS
NRP. 3112 106 038

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D
NIP : 19700201199512201

Ir. R. Soewardoyo, M.Sc
NIP : 194811301974121001



SURABAYA
JUNI, 2015

MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG

Nama Mahasiswa : Jaka Setyadi AS
NRP : 3112 106 038
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Endah Wahyuni, ST., M.Sc, Ph.D
Ir. R. Soewardojo, M.Sc

Abstrak

Untuk memajukan sarana akomodasi sebagai penunjang kepariwisataan di lingkungan Kota Sampang Madura, yang memiliki obyek wisata yang cukup banyak dan beragam, maka pemerintah kota bekerjasama dengan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), untuk membangun Gedung Hotel PKPRI Trunojoyo di Kota Sampang. Dalam perencanaan gedung bertingkat terdapat kecenderungan untuk melakukan penghematan, agar memperoleh keuntungan yang maksimal. Penghematan boleh dilakukan asalkan tidak mengurangi unsur kekuatan gedung tersebut. Salah satu alternatif pemecahannya adalah dengan membuat struktur *Flat Slab*. Didalam tugas akhir ini menganalisa modifikasi gedung menggunakan struktur *Flat Slab* dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai SNI 03-1726-2012.

Gedung ini dirancang dengan analisa gempa respon spektrum dengan Kategori Desain Seismik (KDS) “D” dan Faktor Distribusi R sebesar 8, untuk mengontrol stabilitas struktur dan mendapatkan dimensi struktur *Flat Slab*. Hasil perencanaan diperoleh dimensi struktur pelat lantai 200 mm, dimensi pelat atap 150 mm, *Drop Panel* 120 mm, kolom eksterior dan interior 700 mm, dan struktur bawah menggunakan tiang pancang diameter 500 mm.

Kata Kunci : *Flat Slab*, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Beton Bertulang, *Drop Panel*.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

MODIFICATION DESIGN STRUCTURES USING FLATE SLAB OF HOTEL BUILDING PKPRI TRUNOJOYO SAMPANG CITY

Name : Jaka Setyadi AS
NRP : 3112 106 038
Major : Teknik Sipil FTSP-ITS
Academic Supervisor : Endah Wahyuni, ST., M.Sc, Ph.D
Ir. R. Soewardoyo, M.Sc

Abstract

Accommodation for supporting facilities to promote tourism in the city, Madura Sampang an object which has a variety of tourist destinations, and quite a lot the city government together with local enterprises (BUMD), to build buildings PKPRI Trunojoyo Sampang hotel in the city. In planning high-rise buildings there is a tendency to do the saving, so as to obtain maximum profit .Thrift to do as long as it does not reduce element the the building strength .One alternative for solving is to make structures flat slab. In the last of these duty analyzes modification use structures building flat a slab with Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) according SNI 03-1726-2012.

The building was designed with a spectrum analysis earthquake response with two categories of seismic design (KDS) were “D” and Distribution factor (R) were 8, to get control structures and stability of structures flat slab. The results obtained dimensions of planning the structure of the floor plates 200 mm , the dimensions of a plate of the roof of 150 mm , drop the panel of 120 mm , a column of the exterior and interior 700 mm , and the structure of the bottom of the use of piles mm. the diameter of 500 mm.

Keywords : *Flate Slab, Special Moment Resisting Frame System, Reinforced Concrete, Drop Panel.*

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah S.W.T., karena hanya berkat Rahmat, Hidayah dan Pertolongan-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan Salam kepada Rasulullah S.A.W.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat dalam mencapai jenjang studi Sarjana Strata Satu, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tema pokok dalam Tugas akhir ini adalah Perancangan struktur gedung tahan gempa sehingga dapat menjadi salah satu alternatif perencanaan konstruksi bangunan gedung yang efektif dan efisien.

Penyusun menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam dalamnya atas segala bantuan dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, kepada yang terhormat :

1. Keluarga, Kedua Orang Tua Serta Kakak, yang selalu mendoakan dan mendukung selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, memberikan semangat dan nasehat, dorongan moral maupun material.
2. Bapak Ir. Djoko Irawan, MS., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama proses perkuliahan.
3. Ibu Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. R. Soewardojo, M.Sc, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Budi Suswanto, ST., MT, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
6. Semua Rekan-rekan Lintas Jalur yang pernah membantu selama perkuliahan dan meluangkan waktu untuk sharing bersama.

7. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan, Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, dll.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Maka saya akan selalu menerima saran dan kritik untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Akhirnya saya berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah pengetahuan yang baru bagi saya dan para pembaca sekalian.

Surabaya, Juni 2015

Jaka Setyadi AS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xvii

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.2.1. Permasalahan Utama	3
1.2.2. Detail Permasalahan	3
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat	5

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum	7
2.2. Analisa Struktur Flat Slab	8
2.3. Konsep Desain	9
2.3.1. Tujuan Perencanaan Struktur Tahan Gempa	9
2.3.2. Reduction Faktor (ϕ)	9
2.3.3. Kuat Perlu (U)	10
2.3.4. Kuat Nominal	10
2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	10
2.5. Pembebanan Gedung	11

2.5.1. Beban Mati Gedung	11
2.5.2. Beban Hidup Gedung.....	11
2.5.3. Beban Angin	11
2.5.4. Beban Gempa.....	11
2.6. Perencanaan Struktur Bawah	23
2.6.1. Elemen Poer.....	23
2.6.2. Perencanaan Dimensi Poer.....	23
2.6.3. Momen Pada Poer dan Perencanaan Tulangan Poer	23
2.6.4. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....	25
2.6.5. Perencanaan Pondasi Sloof	29

BAB III

METODOLOGI

3.1. Umum.....	31
3.2. Diagram Alir	31
3.3. Pengumpulan Data Bangunan	34
3.4. Studi Literatur	34
3.5. Preliminary Design.....	35
3.5.1. Penentuan Dimensi Pelat	35
3.5.2. Penentuan Dimensi Kolom	36
3.5.3. Penentuan Dimensi Drop Panel	36
3.6. Permodelan Bangunan Pada SAP	37
3.7. Pembebanan Bangunan	37
3.8. Analisa Program SAP.....	37
3.9. Hasil Analisa Struktur SAP.....	37
3.10. Perencanaan Struktur Sekunder	38
3.11. Analisa Struktur Utama.....	38
3.12. Perencanaan Struktur Utama.....	38
3.11.1 Perencanaan Kolom.....	39
3.11.2 Perencanaan Pelat Struktur Flat Slab	39
3.13. Perencanaan Pondasi	40
3.14. Kontrol Perencanaan Pondasi.....	40
3.15. Gambar	41

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Umum	43
4.2.	Preliminary Design	43
4.2.1.	Perencanaan Tebal Pelat	43
4.2.2.	Perencanaan Dimensi Drop Panel.....	44
4.2.3.	Pembebanan Dimensi Kolom	46
4.2.4.	Penulangan Dimensi Sloof.....	48
4.3.	Perhitungan Struktur Sekunder	49
4.3.1.	Perencanaan Tangga	49
4.3.2.	Perencanaan Lift	60
4.4.	Pembebanan dan Analisa Struktur	81
4.4.1.	Pemodelan Struktur.....	81
4.4.2.	Pembebanan	82
4.4.3.	Beban Gravitasi.....	83
4.4.4.	Perhitungan Pembebanan Vertikal.....	84
4.4.5.	Perhitungan Pembebanan Horizontal.....	85
4.4.6.	Perhitungan Berat Total Gedung	85
4.4.7.	Analisa Beban Gempa Dinamis	89
4.4.8.	Perhitungan Beban Gempa	91
4.4.9.	Kontrol Hasil Analisa Struktur	103
4.4.10.	Langkah-Langkah Pemodelan Struktur <i>flat slab</i>	108
4.5.	Perhitungan Struktur Primer	117
4.5.1.	Penulangan Pelat.....	117
4.5.2.	Penulangan Kolom.....	141
4.6.	Perhitungan Struktur Bawah	163
4.6.1.	Umum	163
4.6.2.	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	164
4.6.3.	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok	165
4.6.4.	Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (P_{max}).....	167
4.6.5.	Kontrol Kekuatan Tiang	167
4.6.6.	Perancangan Pile Cape.....	168
4.6.7.	Perancangan Sloof	177

BAB VIII

PENUTUP

5.1. Kesimpulan 181

5.2. Saran..... 182

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR HASIL DESAIN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Situs	13
Tabel 2.2	Koefisien Situs, F_a	14
Tabel 2.3	Koefisien Situs, F_v	15
Tabel 2.4	Kategori desain seismik berdasarkan parameter Respon percepatan pada perioda pendek	16
Tabel 2.5	Kategori desain seismik berdasarkan parameter Respon percepatan pada perioda 1 detik.....	16
Tabel 2.6	Faktor R , C_d , Ω_o untuk sistem penahan gaya seismik	18
Tabel 2.7	Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan	19
Tabel 3.1	Tebal Minimum pelat tanpa balok interior	36
Tabel 4.1	Berat Bangunan Lantai atap.....	86
Tabel 4.2	Berat Bangunan Lantai 2-9	87
Tabel 4.3	Berat Bangunan L.1	88
Tabel 4.4	Berat Total Bangunan	89
Tabel 4.5	Faktor Keutamaan Gempa	91
Tabel 4.6	Perhitungan tahanan standar lapangan rata-rata	93
Tabel 4.7	Klasifikasi Situs	93
Tabel 4.8	Koefisien Situs F_a	94
Tabel 4.9	Koefisien Situs F_v	94
Tabel 4.10	Kategori Desain berdasar S_{DS}	95
Tabel 4.11	Kategori Desain berdasar S_{D1}	95
Tabel 4.12	Sistem Penahan Gaya Seismik.....	96
Tabel 4.13	Nilai Periode dan Frekuensi.....	99
Tabel 4.14	Nilai Parameter perioda pendekatan C_t dan x	100
Tabel 4.15	Koefisien batas atas pada perioda yang dihitung..	100
Tabel 4.16	Besar Gaya F_x pada masing-masing lantai	103
Tabel 4.17	Ratio Partisipasi Massa.....	104
Tabel 4.18	Base Shear Respon Spektrum	105
Tabel 4.19	Kontrol terhadap simpangan akibat beban gempa arah sumbu x	107

Tabel	4.20 Kontrol terhadap simpangan akibat beban gempa arah sumbu y	108
Tabel	4.21 Momen tumpuan dan lapangan pada masing-masing lajur dan masing-masing arah untuk M_x-x	118
Tabel	4.22 Momen tumpuan dan lapangan pada masing-masing lajur dan masing-masing arah untuk M_y-y	118
Tabel	4.23 Rekapitulasi perhitungan penulangan pelat lantai atap.....	136
Tabel	4.24 Rekapitulasi perhitungan penulangan pelat lantai typical.....	137
Tabel	4.25 Gaya aksial dan momen pada kolom eksterior lantai dasar	142
Tabel	4.26 Gaya aksial dan momen pada kolom eksterior lantai 1	142
Tabel	4.27 Gaya aksial dan momen pada kolom eksterior lantai dasar	152
Tabel	4.28 Gaya aksial dan momen pada kolom eksterior lantai 1	152
Tabel	4.29 Rekapitulasi Penulangan Kolom.....	162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konstruksi Flat Slab (Ferguson, 1991)	9
Gambar 2.2	Peta MCE_R untuk S_s ($T=0.2$ s)	13
Gambar 2.3	Peta MCE_R untuk S_s ($T=1$ s)	14
Gambar 2.4	Kontrol Geser Ponds Pada Poer Akibat Beban Kolom.....	25
Gambar 2.5	Contoh Susunan Tiang Pancang	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	32
Gambar 3.2	Diagram Alir (lanjutan).....	33
Gambar 3.3	Pembagian jalur kolom dan jalur tengah.....	40
Gambar 4.1	Dimensi pelat, drop panel dan kolom.....	45
Gambar 4.2	Tributary Area untuk perhitungan dimensi kolom	46
Gambar 4.3	Dimensi Kolom	48
Gambar 4.4	Denah Tangga dan Potongan Tangga.....	50
Gambar 4.5	Ukuran Anak Tangga	50
Gambar 4.6	Analisa Gaya Dalam Tangga.....	52
Gambar 4.7	Diagram freebody gaya-gaya pada tangga	54
Gambar 4.8	Bidang Momen dan Lintang Pada Tangga	55
Gambar 4.9	Detail Penulangan balok bordes tumpuan	59
Gambar 4.10	Detail Penulangan balok bordes lapangan	60
Gambar 4.11	Elevator Plan dan Section	61
Gambar 4.12	Denah Balok Sangkar Lift.....	62
Gambar 4.13	Pembebanan Pada Balok Pemisah Sangkar.....	63
Gambar 4.14	Detail Penulangan balok pemisah sangkar tumpuan	65
Gambar 4.15	Detail Penulangan balok pemisah sangkar lapangan	66
Gambar 4.16	Pembebanan Pada Balok Penggantung Sangkar ..	69
Gambar 4.17	Detail Penulangan balok penggantung sangkar tumpuan.....	71
Gambar 4.18	Detail Penulangan balok penggantung sangkar lapangan	72

Gambar	4.19	Pembebanan Pada Balok Penumpu	74
Gambar	4.20	Detail Penulangan balok penumpu tumpuan	77
Gambar	4.21	Detail Penulangan balok penumpu lapangan	78
Gambar	4.22	Pemodelan Struktur 3D	82
Gambar	4.23	Peta MCE_R untuk $S_s(T=0.2s)$ Kota Sampang	92
Gambar	4.24	Peta MCE_R untuk $S_s(T=1s)$ Kota Sampang	92
Gambar	4.25	Respon Spektrum Rencana	98
Gambar	4.26	Simpangan struktur arah x	106
Gambar	4.27	Simpangan struktur arah y	107
Gambar	4.28	Pemilihan Model Rangka	108
Gambar	4.29	Input Data Grid	109
Gambar	4.30	Define Material	110
Gambar	4.31	Define Section Propertis Frame Column	111
Gambar	4.32	Define Section Propertis Frame Beam	112
Gambar	4.33	Define Section Propertis Area	113
Gambar	4.34	Define Response Spectrum Function	114
Gambar	4.35	Define Load Pattern	114
Gambar	4.36	Define Load Case	115
Gambar	4.37	Define Diaphragm Constraint	116
Gambar	4.38	Momen M1-1 (M_y-y)	117
Gambar	4.39	Momen M2-2 (M_x-x)	118
Gambar	4.40	Penampang kritis kolom sejauh $d/2$ dari muka kolom	138
Gambar	4.41	Diagram interaksi momen dan aksial kolom interior kombinasi lantai dasar	143
Gambar	4.42	Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (M_{pr}) dari kolom interior kombinasi lantai dasar	144
Gambar	4.43	Diagram interaksi momen dan aksial kolom interior kombinasi lantai 1	145
Gambar	4.44	Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (M_{pr}) dari kolom interior kombinasi lantai 1	146
Gambar	4.45	Tulangan lentur kolom yang terpasang	147
Gambar	4.46	Diagram interaksi momen dan aksial kolom eksterior kombinasi lantai dasar	153

Gambar 4.47	Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (Mpr) dari kolom eksterior kombinasi lantai dasar	154
Gambar 4.48	Diagram interaksi momen dan aksial kolom eksterior kombinasi lantai 1	155
Gambar 4.49	Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (Mpr) dari kolom eksterior kombinasi lantai 1 ..	156
Gambar 4.50	Tulangan lentur kolom yang terpasang	157
Gambar 4.51	Konfigurasi rencana tiang pancang	166
Gambar 4.52	Mekanika gaya pada poer arah x	173
Gambar 4.53	Mekanika gaya pada poer arah y	175
Gambar 4.54	Diagram interaksi aksial vs momen pada sloof ..	178

“halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR NOTASI

β	= Faktor yang didefinisikan dalam SNI 03-2847-2013 ps. 10.2.7.3
$f'c$	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f_y	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non
A_{cp}	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm ²
A_g	= Luas bruto penampang (mm ²)
A_n	= Luas bersih penampang (mm ²)
A_{tp}	= Luas penampang tiang pancang (mm ²)
A_l	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm ²)
A_o	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm ²)
A_{oh}	= Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang (mm ²)
A_s	= Luas tulangan tarik non prategang (mm ²)
A_s'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm ²)
A_t	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm ²)
A_v	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm ²)
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur (mm ²)
b_o	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
b_w	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)

C	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
Cc'	= Gaya pada tulangan tekan
Cs'	= Gaya tekan pada beton
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
db	= Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
e	= Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi
ex	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x
ey	= Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y
E	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
E_c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
E_{cb}	= Modulus elastisitas balok beton
E_{cp}	= Modulus elastisitas pelat beton
I_b	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
I_p	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
f_{vy}	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
f_{ys}	= Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
h	= Tinggi total dari penampang
h_n	= Bentang bersih kolom
L_n	= Bentang bersih balok
M_u	= Momen terfaktor pada penampang (Nmm)

M_{nb}	= Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M_{nc}	= Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M_n	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M_{nx}	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
M_{ny}	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
M_{ox}	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol
M_{oy}	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol
MR_x	= Momen puntir arah x
MR_y	= Momen puntir arah y
M_1	= Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M_2	= Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada Komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
M_{1ns}	= Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
M_{2ns}	= Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang

	berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
M_{1s}	= Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
M_{2s}	= Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
N_u	= Beban aksial terfaktor
P_{cp}	= keliling luar penampang beton (mm)
P_b	= Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
P_c	= Beban kritis (N)
P_{CP}	= Keliling penampang beton (mm)
Ph	= Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
P_n	= Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
P_o	= Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)
P_u	= Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
S	= Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)
T_c	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
T_n	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)

T_s	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh Tulangan tarik
T_u	= Momen torsi tefaktor pada penampang (Nmm)
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
x	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
α	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	= Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	= Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
ρ	= Rasio tulangan tarik $\left(\frac{A_s}{bd} \right)$
ρ'	= Rasio tulangan tekan $\left(\frac{A_s'}{bd} \right)$
ρ_b	= Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan tarik minimum
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
ε	= Regangan (mm)

ε_c	= Regangan dalam beton (mm)
λ_d	= Panjang penyaluran (mm)
λ_{db}	= Panjang penyaluran dasar (mm)
λ_{dh}	= Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan).(mm)
λ_{hb}	= Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik (mm)
λ_n	= Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
λ_u	= Panjang bebas (tekuk) pada kolom
δ_{ns}	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
δ_s	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

DAFTAR LAMPIRAN

A.	Alur Perencanaan Struktur Skunder	xxvii
B.	Alur Perencanaan Kontrol Pembebanan Gempa	xxviii
C.	Alur Perencanaan Penulangan Plat dan Kolom.....	xxix
D.	Alur Perencanaan Penulangan Pondasi Pile Cape.....	xxx
E.	Gambar Hasil Perencanaan	xxxi
F.	Data Tanah	lvi
G.	Data Tiang Pancang	lvii
H.	Data Spesifikasi Lift.....	lviii

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk memajukan sarana akomodasi sebagai penunjang kepariwisataan di lingkungan Kota Sampang Madura, yang memiliki obyek wisata yang cukup banyak dan beragam, maka pemerintah kota bekerjasama dengan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), untuk membangun Gedung Hotel PKPRI Trunojoyo di Kota Sampang. Pembangunan gedung Hotel PKPRI Trunojoyo ini, perencanaan yang ada menggunakan bahan struktur beton bertulang biasa, pengecoran yang dilaksanakan di tempat dan bangunan terdiri dari 7 lantai.

Dalam perencanaan gedung bertingkat tinggi terdapat kecenderungan untuk melakukan penghematan, agar memperoleh keuntungan yang maksimal. Penghematan boleh dilakukan asalkan tidak mengurangi unsur-unsur kekuatan gedung tersebut. Sebagai salah satu alternatif pemecahannya adalah dengan cara membuat struktur *flat slab*. *Flat slab* atau lantai cendawan dicirikan dengan tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam, namun balok tepi luar boleh jadi ada atau tidak ada, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Oleh karena hal tersebut maka akan menghasilkan ruangan yang cukup tinggi. *Flat slab* adalah sebuah pelat beton bertulang yang langsung didukung oleh kolom beton tanpa menggunakan balok (Soedarsono, 2002), *Flat Slab* mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut:

- a. *Drop panel*, yaitu penebalan plat di daerah kolom.
- b. Kepala kolom (*column capital*), yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas (Wang 1990).

Penggunaan sistem *flat slab* pada struktur bangunan mempunyai banyak keuntungan diantaranya: (Soedarsono, 2002)

1. Fleksibilitas terhadap tata ruang.

2. Waktu pengerjaan yang relatif lebih pendek, karena hal ini dapat dilihat dari proses pembuatan dimana pengecoran plat dapat langsung dilakukan tanpa perlu mengecor balok lebih dulu.
3. Kemudahan dalam pemasangan instalasi mekanikal dan elektrik.
4. Menghemat tinggi bangunan. Tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya.
5. Pemakaian tulangan plat bisa dengan tulangan fabrikasi.
- 6.

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur (SNI-03-1726-2012), sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Dalam tugas akhir ini secara keseluruhan struktur direncanakan dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) karena tahan menahan gaya lateral atau gempa dan termasuk kategori desain seismic “D” yang tidak dibatasi dengan faktor distribusi (R) sebesar 8.

Perencanaan bangunan gedung ini berdasarkan peraturan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan PPIUG 1983 tentang Pedoman Perancangan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung.

Dalam tugas akhir ini akan membuat perencanaan struktur *flat slab* dengan metode SRPMK. Pada gedung hotel PKPRI Trunojoyo Kota Sampang yang semula direncanakan dengan struktur beton bertulang biasa (plat, balok dan kolom) dengan modifikasi pada beberapa bagian disesuaikan dengan kebutuhan.

Modifikasi tersebut antara lain: jumlah lantai dari 7 lantai menjadi 10 lantai dan penghilangan balok.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan Utama

Bagaimana merencanakan struktur gedung yang menggunakan *flat slab* dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ?

1.2.2 Detail Permasalahan

Detail permasalahan dari permasalahan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menentukan dimensi struktur (*Preliminary Design*) penampang struktur ? yang meliputi :
 - Struktur Primer : Kolom dan *Flat Slab*.
 - Struktur Sekunder : Tangga dan Balok Lift
 - Bangunan Bawah : Pondasi.
2. Beban apa saja yang bekerja pada struktur gedung tersebut?
3. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam struktur tersebut?
4. Bagaimana pemodelan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 ?
5. Apa saja elemen struktur yang secara khusus diperlukan untuk mendapatkan struktur tahan gempa ?
6. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan kedalam bentuk gambar teknik ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan secara umum dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah agar dapat merencanakan struktur gedung yang menggunakan *flat slab* dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

Adapun tujuan secara rinci yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan dimensi struktur (*Preliminary Design*) penampang struktur, yang meliputi :

- Struktur Primer : Kolom dan *Flat slab*.
 - Struktur Sekunder : Tangga dan Balok Lift
 - Bangunan Bawah : Pondasi
2. Dapat menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur.
 3. Dapat menganalisa dan merencanakan struktur *flat slab* yang mampu memikul beban-beban yang ada sehingga memenuhi persyaratan yang berlaku di Indonesia, yaitu SNI 03-2847-2013, PPIUG 1983 dan SNI 03-1726-2012.
 4. Dapat memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.
 5. Melakukan pendetailan elemen struktur *flat slab* untuk menahan beban saat terjadi gempa.
 6. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini permasalahan akan dibatasi sampai dengan batasan – batasan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan ini tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
2. Perencanaan tidak meliputi instalasi mekanikal, elektrikal, plumbing dan saluran air.
3. Mutu beton dan tulangan struktur digunakan $f'c = 35$ Mpa dan $f_y = 400$ Mpa, sehingga nilai $\beta = 0.80$.
4. Peraturan yang di pakai **SNI 03-2847-2013, SNI 03-1726-2012 dan PPIUG 1983.**
5. Pemodelan dan analisa struktur dilakukan dengan program bantu SAP 2000 v.14.
6. Penggambaran dilakukan dengan program bantu Auto CAD 2007.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi masyarakat dunia teknik sipil, dapat memberikan alternatif dalam perencanaan struktur dan dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan struktur menggunakan *Flat Slab* dengan metode SRPMK.
2. Bagi mahasiswa, dapat mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan pada perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.
3. Penghematan biaya proyek dibandingkan dengan memakai elemen struktur balok.

”halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut Dr.Edward dan G.Nawy, PE,1998. Slab merupakan elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Di dalam konstruksi beton bertulang pelat dipakai untuk mendapatkan permukaan datar. Jika nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat lebih dari 2, digunakan penulangan pelat 1 arah (*one way slab*). Dan apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar pelat tidak lebih dari 2, digunakan penulangan pelat 2 arah (*two way slab*) (Winter, 1993). Flat Slab dicirikan oleh tidak adanya balok – balok sepanjang garis kolom dalam, namun balok – balok tepi pada tepi – tepi luar lantai boleh jadi ada atau tidak ada.

Suatu lantai Flat Slab berbeda dari lantai datar (*flat plate*) dalam hal ini bahwa lantai *Flat Slab* mempunyai kekuatan yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut :

1. *Drop Panel* yaitu penambahan tebal plat didalam daerah kolom. Dimana penebalan plat ini bermanfaat dalam mengurangi tegangan geser pons yang mungkin ditimbulkan oleh kolom terhadap plat, dan penebalan ini juga meningkatkan besarnya momen lawan di tempat-tempat dimana momen-momen negatif terbesar (Mosley, 1984)
2. Kepala Kolom (*Column Capital*) yaitu pelebaran mengecil dari ujung kolom atas. Tujuan dari kepala kolom adalah untuk mendapatkan penambahan keliling sekitar kolom untuk memindahkan geser dari beban lantai dan untuk menambah tebal dengan berkurangnya parameter di dekat kolom (Wang, 1992).

Flat Slab adalah sebuah beton bertulang pelat langsung didukung oleh kolom beton tanpa menggunakan balok (Soedarsono, 2002). *Flat Slab* adalah sebuah plat dengan atau

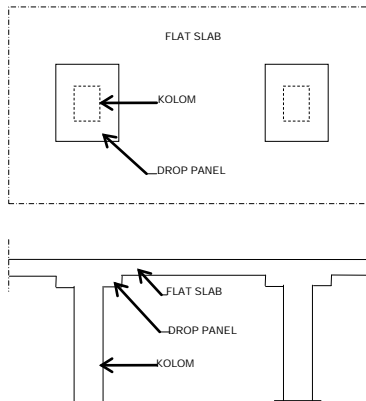
tanpa drop panel yang ditumpu oleh kolom dengan atau tanpa pelebaran kepala kolom dan umumnya tanpa menggunakan balok. (Colin, 2009) Drop Panel adalah Penahan gaya geser utama yang menjadi bidang kontak antara plat dan kolom, dimana penentuan dari dimensi drop panel tidak boleh kurang dari $\frac{1}{3}$ dari panjang panel pada arah tersebut (anitha, 2009).

2.2 Analisa Struktur *Flat Slab*

Pendekatan ACI (*American Concrete Institute*) memberikan dua alternatif untuk analisis dan desain sistem rangka *Flat Slab* : metode desain langsung (*direct design methode*) dan metode portal ekuivalen (*equivalent frame method*). Dalam metode desain langsung terdapat pembatasan – pembatasan sebagai berikut: (Nawy, 1998)

1. Perbandingan antara bentang yang panjang dengan yang pendek pada satu panel tidak boleh melebihi 2.
2. Panel-panel empat persegi panjang bentang yang panjang tidak melebihi dua kali bentang pendek.
3. Bentang-bentang yang berurutan tidak berbeda lebih dari pada $\frac{1}{3}$ bentang yang lebih panjang.
4. Beban hidup tidak lebih dari 3 kali beban mati.

Apabila pembatasan – pembatasan ini tidak dipenuhi, maka diperlukan suatu metode yang bersifat lebih umum. Salah satu dari metode ini diusulkan oleh Peabody dalam tahun 1948 sebagai perencanaan dengan analisa elastis. Dalam bentuk yang lebih sempurna metode tersebut muncul sebagai metode rangka ekuivalen. Prosedur pembagian di arah lateral dan lanjutan dari perencanaan pada hakekatnya adalah sama untuk kedua metode, (Wang dan Salmon,1992). Di dalam analisis dengan metode rangka ekivalen, struktur dibagi menjadi rangka – rangka yang menerus yang berpusat pada garis-garis kolom dan melebar baik dalam arah longitudinal maupun dalam arah transversal (Winter dan Nilson,1993).



Gambar 2.1 Konstruksi flat slab (Ferguson, 1991)

2.3 Konsep Desain

2.3.1 Tujuan Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Mengurangi kerusakan struktur bangunan, sehingga sebisa mungkin masih dapat diperbaiki, membatasi ketidaknyamanan penghuni saat terjadi gempa (sedang), melindungi layanan bangunan yang vital dan menghindari korban jiwa (kuat).

Falsafah Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

1. Bangunan dapat menahan gaya gempa ringan tanpa mengalami kerusakan.
2. Bangunan dapat menahan gempa sedang tanpa kerusakan yang berat pada struktur utama, walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.
3. Bangunan dapat menahan gempa tinggi tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan atau mencapai pelelehan.

2.3.2 Reduction Faktor (ϕ)

Penggunaan reduksi bertujuan untuk :

1. Kemungkinan terjadinya penurunan kekuatan dari member (komponen struktur) yang direncanakan. Beberapa contoh penurunan kekuatan : variasi material beton, perbedaan beton

dilokasi pengecoran dan benda uji beton, pengaruh susut, tegangan sisa dan kelangsingan kolom.

2. Ketelitian dalam mendesign dimensi member. Biasanya dikarenakan oleh kerusakan atau kesalahan ukuran dimensi geometri dan penempatan tulangan.
3. Tingkat daktilitas dan kestabilan dari member yang dibebani.
4. Pentingnya member dalam suatu struktur bangunan.

2.3.3 Kuat *Perlu* (U) = Load factor x Service load

Load factor diperlukan sebab terjadi beban dari anggapan :

1. Variasi beban mati, yang disebabkan oleh perbedaan ukuran, perbedaan berat jenis beban dan perubahan dari struktur dan nonstruktur.
2. Perbedaan beban hidup setiap bagian dan setiap tipe gedung.

2.3.4 Kuat Nominal

Kekuatan komponen nominal struktur atau penampang yang dihitung berdasarkan ketentuan atau asumsi metode perencanaan sebelum dikalikan faktor reduksi kekuatan yang sesuai.

2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Untuk daerah dengan resiko gempa menengah, yaitu wilayah gempa tanah lunak dengan kelas situs SD menurut SNI-03-2847-2013, ada jenis struktur yang dipakai untuk memikul gaya – gaya akibat gempa di daerah tersebut. Jenis struktur tersebut adalah

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
2. Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) atau Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK).

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul seluruh beban gravitasi secara lengkap

SNI-03-1726-2012. Sedangkan pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) direncanakan tahan menahan gaya lateral atau gempa. Gedung direncanakan termasuk dalam kategori desain seismic D, sehingga digunakan sistem rangka pemikul momen khusus. Ketentuan – ketentuan untuk SRPMK diatur dalam SNI-03-2847-2013 ps. 21.5.

2.5 Pembebanan Gedung

2.5.1 Beban Mati Gedung

Beban mati sendiri dibagi menjadi dua yaitu beban mati akibat berat sendiri dan beban mati tambahan, beban mati tambahan diambil dari PPIUG 1983 tabel 2.1.

2.5.2 Beban Hidup Gedung

Beban hidup gedung adalah beban atau komponen yang dapat berpindah atau temporer, termasuk mesin-mesin serta peralatan yang dapat diganti selama masa hidup gedung tersebut. Adapun beban hidup yang di perhitungkan dalam perencanaan modifikasi gedung hotel adalah sebagai berikut:

1. Beban hidup untuk lantai gedung dengan fungsi sebagai hotel sebesar 250 kg/m^2 (PPIUG 1983 tabel 3.1)
2. Beban hidup untuk lantai atap sebesar 100 kg/m^2 (PPIUG 1983 tabel 3.1).

2.5.3 Beban Angin

Sesuai dengan PPIUG 1983 tentang beban angin dinyatakan bahwa angin dianggap menyebabkan tekanan positif (*pressure*) dan tekanan negative atau isapan (*suction*), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang di tinjau.

2.5.4 Beban Gempa

Beban gempa yang di gunakan sesuai dengan SNI-03-1726-2012. Analisa gempa pada pengerjaan tugas akhir ini menggunakan analisa dinamis. Berikut hal-hal yang harus di perhatikan dalam analisa gempa menggunakan SNI-03-1726-2012.

2.5.4.1 Penentuan Faktor Keutamaan Dan Kategori Resiko Struktur Gedung

Analisis terhadap kategori gedung diperlukan agar beban gempa yang diperhitungkan sesuai dengan fungsi dari gedung yang direncanakan. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung berdasarkan SNI 03-1726-2012 tabel 1 dan Faktor Keutamaan Gedung Pada tabel 2 berdasarkan SNI 03-1726-2012 ps. 4.1.2.

2.5.4.2 Penentuan Jenis Tanah

Untuk mendapatkan kelas situs maka harus mengetahui jenis tanahnya. Jenis tanah yang digunakan ditentukan berdasarkan kelas situs sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 5.3 dengan tiga parameter yang mempengaruhi yaitu kecepatan rata-rata gelombang geser \bar{V}_s , tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata \bar{N} , kuat geser nilai rata-rata \bar{S}_u . Karena data tanah yang di gunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah hasil SPT maka parameter yang bisa di pakai adalah tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata \bar{N} dengan persamaan sebagai berikut

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana

d_i = Kedalaman lapisan tanah uji

N_i = Nilai SPT

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ meter atau lebih} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dari hasil perhitungan parameter penentuan jenis tanah, akan didapatkan jenis tanah yang sesuai tabel 2.1 berikut :

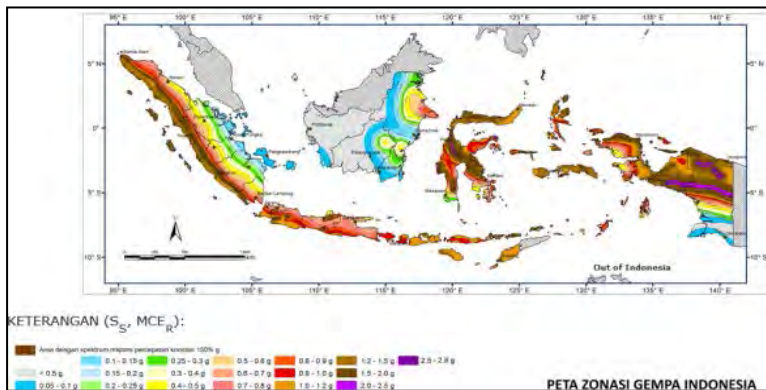
Tabel 2.1 Klasifikasi Situs

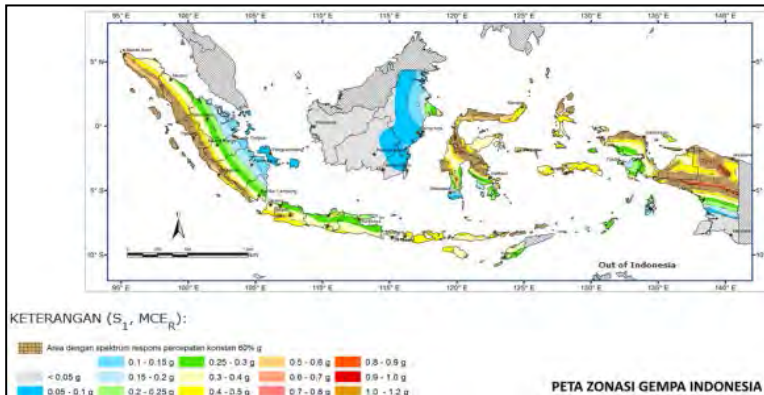
Kelas Situs	\bar{N} dan \bar{N}_{ch}
SA (Batuan Keras)	N/A
SB (Batuan)	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>50
SD (Tanah Sedang)	15 sampai 50
SE (Tanah Lunak)	

Keterangan : N/A = tidak dapat dipakai

2.5.4.3 Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter yang digunakan adalah S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) yang harus ditetapkan masing-masing dari respon spektral percepatan 0.2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik (MCE_R) kemungkinan 20% terlampaui dalam 50 tahun.





Gambar 2.3 Peta MCE_R untuk S_s ($T = 1$ s)

(Sumber : <http://puskim.pu.go.id/>)

Dari gambar 2.2 dan gambar 2.3 maka didapat koefisien situs sesuai dengan kelas situs tanahnya. tabel 2.2 dan table 2.3 menjelaskan koefisien situs sesuai dengan kelas situs.

Tabel 2.2 Koefisien Situs , F_a

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0.2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier.
- (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat ps. 6.10.1

Tabel 2.3 Koefisien Situs , F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0.2$ detik, S_s				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier.
 (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat ps. 6.10.1

2.5.4.4 Parameter Percepatan Respon Spektral

Untuk menentukan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, di perlukan suatu faktor amplikasi seismik pada periode 0.2 detik dan pada periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait dengan percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplikasi getaran terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (SM_s) dan periode 1 detik (SM_1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan persamaan 2.3 dan 2.4 :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

S_s = parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik.

2.5.4.5 Parameter Percepatan Spektral Desain

Setelah menentukan parameter percepatan respon spektral didapatkan parameter percepatan spektral desain pada periode pendek (SD_s) dan parameter spektral desain pada periode 1 detik (SD_1) dengan persamaan 2.5 dan 2.6 :

$$SD_s = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$SD_1 = \frac{2}{3} S_M \dots\dots\dots (2.6)$$

2.5.4.6 Katagori Desain Seismik

Suatu struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain seismik berdasarkan tabel 2.4 dan tabel 2.5 :

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek.

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik.

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.167$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

2.5.4.7 Kombinasi Sistem Perangkai Dalam Arah Yang Berbeda

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus dikenakan pada setiap sistem.

Tabel 2.6 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R^a	Faktor Kuat- lebih Sistem, Ω_0^g	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan Tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	51/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	51/2	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	41/2	3	4	TB	TB	10 ^{h,1}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	31/2	3	3	TB	TB	TB	TB	TB
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	51/2	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	41/2	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	21/2	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	51/2	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	41/2	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	51/2	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	21/2	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	31/2	3 ⁰	31/2	10	10	10	10	10

Ket : TB (Tidak Dibatasi) , TI (Tidak diijinkan)

2.5.4.8 Prosedur Analisis Gaya Lateral

Konsep SNI 1726-2012 memberikan petunjuk untuk tiga prosedur analisis, yaitu:

- ✓ Analisis gaya lateral equivalent (GLE atau ELF)
- ✓ Analisis spektrum Ragam (MSA)
- ✓ Analisis Riwayat Waktu (RHA)

Tabel 2.7 Prosedur analisis yang boleh digunakan

Kategori Desain seismik	Karakteristik struktur	Analisa gaya lateral ekuivalen Pasal 7.8	Analisa Spectrum Respons ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayat Respons seismic Pasal 11
B,C	Bangunan dengan Kategori Resiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Resiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan Kategori Resiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Resiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3.5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3.5 T_s$ dan mempunyai hanya ketidakaturan vertical Tipe 4, 5a atau 5b dari tabel 11	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

CATATAN : I (dijijinkan) TI (Tidak diijinkan)

2.5.4.9 Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen

1. Gaya Dasar Seismic

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots (2.7)$$

C_s adalah koefisien respons Seismik

W adalah Berat seismik efektif menurut pasal 7.7.2

➤ Koefisien respons seismic

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

S_{DS} adalah Percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

R adalah Faktor modifikasi respon dalam tabel 2.6

I_e adalah Faktor keutamaan hunian sesuai tabel 1 (SNI 03-1726-2012 ps.4.1.2)

Nilai C_s diatas **tidak perlu** melebihi :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari :

$$C_s = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0.01 \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk struktur berlokasi dimana $S1 \geq 0,6 \text{ g}$, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0.5 \cdot S1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

S_{D1} adalah Percepatan spektrum respon desain dalam periode 1,0 detik

T adalah Periode struktur dasar (detik)

$S1$ adalah Percepatan spektrum respon maksimum

2. Periode Alami Fundamental

Untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1 N \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

N adalah Jumlah tingkat

➤ Untuk Struktur Dinding Geser:

$$T_a = \frac{0.0062}{\sqrt{C_w}} \cdot h_n \dots\dots\dots (2.13)$$

$$C_w = \frac{100}{A_B} \cdot \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_1} \right)^2 \cdot \left[\frac{A_i}{1 + 0.83 \cdot \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right] \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

hn adalah ketinggian struktur (m)

A_B adalah luas dasar struktur, m²

A_i adalah luas bidang dinding geser “i”, m²

D_i adalah panjang dinding geser “i”, m

h_i adalah tinggi dinding geser “i”, m

x adalah jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

3. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots (2.15)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

- C_{vx} adalah faktor distribusi vertikal
 V adalah gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
 w_i dan w_x adalah bagian berat seismik efektif total struktur (W) pada tingkat i atau x
 h_i dan h_x adalah tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x
 k adalah eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut :
struktur dengan periode 0,5 detik atau kurang, $k=1$
struktur dengan periode 2,5 detik atau lebih, $k=2$
struktur dengan periode antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi antara 1 dan 2

4. Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

- F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) (kN) yang timbul di tingkat i

2.5.4.10 Koefisien Pembebanan

Pada SNI 03-2847-2013 pasal 9 mengatur kombinasi pembebanan yang di dasarkan pada desain kekuatan batas (*ultimate*) dan bukan desain tingkat layan (*elastis*). Adapun kombinasi beban yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2013 adalah

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r atau R)
3. 1,2 D + 1,6 (L_r atau R) + (1L atau 0,5W)
4. 1,2 D + 1 W + 1,0 L + 0,5 (L_r atau R)
5. 1,2 D + 1,9 E + 1,0 L

$$6. \quad 0,9 D + 1,0 W$$

$$7. \quad 0,9 D + 1,0 E$$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

L_r = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Pengaruh beban gempa

2.6 Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah meliputi:

2.6.1 Elemen Poer

Poer merupakan elemen struktur yang menyalurkan semua beban-beban pada bangunan ke pondasi. Poer di desain dapat memikul segala pengaruh yang diakibatkan beban – beban kerja berfaktor baik aksial, geser maupun momen.

2.6.2 Perencanaan Dimensi Poer

Perencanaan dimensi poer direncanakan dengan beban - beban yang dipikul baik aksial, geser maupun momen. Dimensi poer juga dipengaruhi pada kebutuhan jumlah tiang pancang. Sedangkan untuk ketebalan minimum poer sendiri dibatasi oleh SNI 03-2847-2013 pasal 17. Perencanaan tebal poer, khususnya untuk poer dengan bentuk persegi panjang harus dikontrol dengan kerja poer sebagai balok lebar atau dua arah.

2.6.3 Momen Pada Poer dan Perencanaan Tulangan Poer.

Momen pada poer (pondasi telapak) ditentukan pada SNI 03-2847-2013 pasal 15.4. Momen pada poer akan digunakan dalam perencanaan tulangan pada poer, dimana penulangan poer disesuaikan dengan SNI 03-2847-2013 pasal 10.

a. Kontrol Terhadap Geser Ponds

Penulangan geser pada poer harus memperhatikan pengaruh retak akibat hubungan kolom dengan poer dimana pengaruh tersebut diperhitungkan sebagai aksi satu arah dan aksi dua arah. Untuk ketentuannya sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 poin (a), (b), dan (c) sebagai berikut:

$$a. \quad V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} b_o d}{6} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$b. \quad V_c = \left(\frac{\alpha_s}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} b_o d}{12} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$c. \quad V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_o d \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat.

b_o = keliling dari penampang kritis poer
 $= 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$

Dengan :

b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = lebar efektif poer

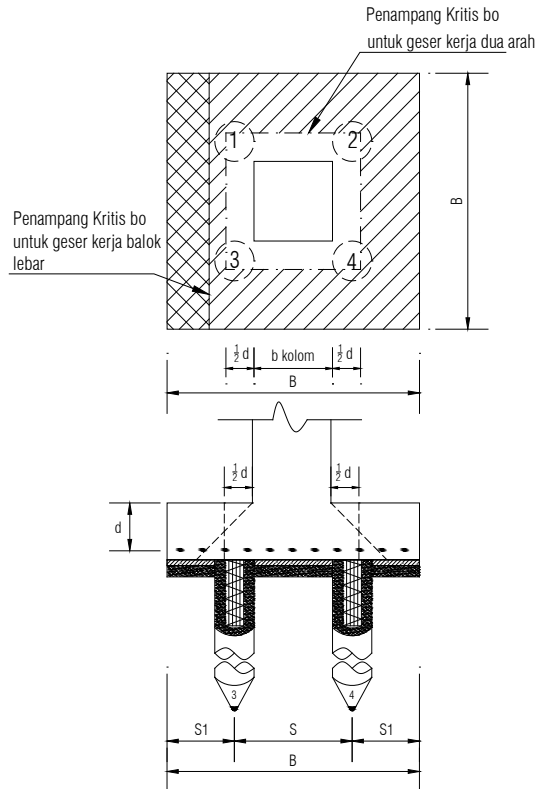
α_s = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

= 20 untuk kolom sudut

Ketebalan dan ukuran poer harus memenuhi persyaratan :

$$\phi V_c > \sum P_t \dots\dots\dots (2.20)$$



Gambar 2. 4 Kontrol Geser Ponds pada Poer Akibat Beban Kolom

2.6.4 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

a. Besarnya Gaya Yang Bekerja Pada Sebuah Tiang.

Gaya yang bekerja pada sebuah tiang dalam sekelompok tiang akibat beban – beban luar (beban vertikal dan momen) dihitung dengan perumusan :

$$P_{(1tiang)} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x Y}{\Sigma Y^2} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

ΣP = Gaya aksial yang diterima tiang pancang (kg)

n = Jumlah tiang pancang

M_y = Momen yang mengitari sumbu y (kgm)

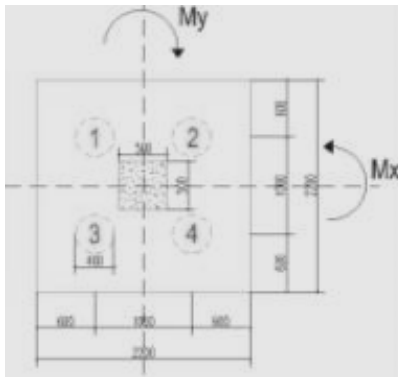
M_x = Momen yang mengitari sumbu x (kgm)

X = Jarak pusat tiang pancang ke sumbu y (m)

Y = Jarak pusat tiang pancang ke sumbu x (m)

ΣX^2 = Hasil penjumlahan dari kuadrat nilai X (m^2)

ΣY^2 = Hasil penjumlahan dari kuadrat nilai Y (m^2)



Gambar 2. 5 Contoh Susunan Tiang Pancang

b. Daya Dukung Tiang

Untuk perhitungan daya dukung tiang berdasarkan penyajian data tanah SPT (Luciano Deccort) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$Q_L = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

Q_L = daya dukung tanah maximum pada pondasi

Q_p = *resistance ultime* di dasar pondasi

Q_s = *resistance ultime* akibat lekatan lateral

$$Q_p = q_p \cdot A_p \cdot \alpha = (N_p \cdot K) A_p \cdot \alpha \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Q_s = q_s \cdot A_s \cdot \beta = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \cdot \beta \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

N_p = harga rata-rata SPT disekitar 4B diatas hingga 4B

$$\text{dibawah dasar tiang pondasi} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \dots\dots\dots(2.25)$$

B = diameter dasar pondasi

K = koefisien karakteristik tanah :

12 t/m² = 117.7 kPa (lempung)

20 t/m² = 196 kPa (lanau berlempung)

25 t/m² = 245 kPa (lanau berpasir)

40 t/m² = 392 Kp a (pasir)

A_p = luas penampang dasar tiang

q_p = tegangan diujung tiang

N_s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan $3 \leq N_s \leq 50$

A_s = luas selimut tiang

q_s = tegangan akibat lekatan lateral t/m²

α dan β = koefisien berdasarkan tipe pondasi dn jenis tanah

Harga N di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N'.

$$N' = 15 + 0.5 (N-15)$$

Dimana :

N = jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah.

Sehingga dapat dihitung $Q = \frac{Q_p}{SF}$ (2.26)

c. Efisiensi Tiang Pancang Group

Untuk kasus daya dukung grup pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi.

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \cdot n \cdot C_e \text{(2.27)}$$

Keterangan :

Q_L = daya dukung tanah maksimum (ton)

n = jumlah tiang dalam grup

C_e = koefisien efisiensi

Beberapa perumusan untuk menghitung C_e adalah sebagai berikut : (Wahyudi, 1999)

• *Converse-Labarre*

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{d}{s}\right)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \text{(2.28)}$$

Keterangan :

d = diameter sebuah tiang pondasi

S = jarak as ke as antar tiang dalam grup ($2d$ s/d $2.5d$)

m = jumlah baris tiang dalam grup

n = jumlah kolom tiang dalam grup

• *Los Angeles*

$$C_e = 1 - \frac{B}{L} \cdot \frac{1}{\pi \cdot m \cdot n} \cdot \left[m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \right] \text{(2.29)}$$

Keterangan :

B = lebar grup tiang pancang

L = panjang grup tiang pancang

Terzaghi juga sebelumnya memberikan perumusan untuk menghitung daya dukung grup (Q_G) untuk lempung.

$$Q_G = \alpha^2 C_u N_c + 4 \alpha^2 C_u D \dots \dots \dots (2.30)$$

$$\text{Dengan, } \alpha = (n-1)S + d \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan :

D = kedalaman tiang pondasi

S = jarak antar as tiang

C_u = kohesi *undrained*

n = jumlah tiang dalam grup

d = diameter tiang

Untuk grup tiang pada tanah tanpa kohesi, pemakaian praktis harga koefisien efisiensi C_e adalah sebagai berikut :

- Pasir lepas

Untuk tiang-tiang pendek

$$C_e = 1.5 \text{ (untuk } S = 2d) \text{ s/d } 1 \text{ (untuk } S = 4d)$$

Untuk tiang-tiang panjang

$$C_e = 2 \text{ (untuk } S = 2d) \text{ s/d } 1 \text{ (untuk } S = 6d)$$

- Pasir padat

$$C_e = 0.7 \text{ (untuk } S = 3d \text{ s/d } 6d) \text{ s/d } 1 \text{ (untuk } S = \pm 8d)$$

2.6.5 Perencanaan Sloof Pondasi

Sloof memiliki fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi sehingga bila terjadi penurunan maka penurunan dapat terjadi secara bersamaan. Beban yang dipikul oleh sloof adalah berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai dasar, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB III

METODOLOGI

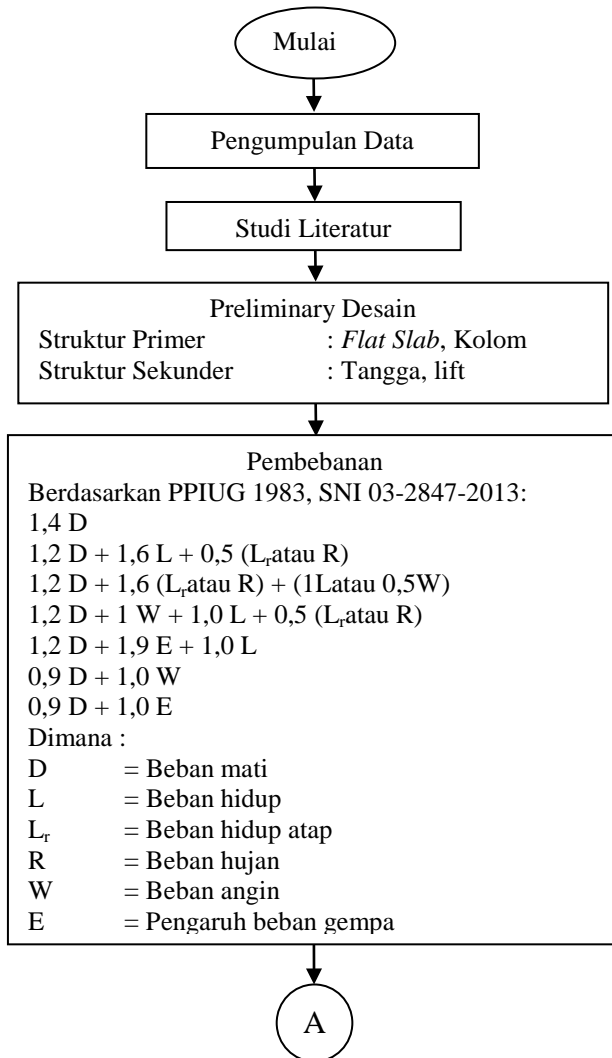
3.1 Umum

Dalam metodologi akan diuraikan langkah-langkah atau urutan pengerjaan penyelesaian tugas akhir. Langkah-langkah atau urutan penyelesaian tugas akhir dimulai dari pengumpulan data, tinjauan terhadap sistem *Flat Slab*, studi literature, preliminary design (struktur primer dan struktur sekunder), analisa beban (gravitasi dan gempa), alat bantu output analisa struktur dari perencanaan gedung yang ditinjau (kontrol output program dengan SAP), sampai dengan kesimpulan akhir dari analisa struktur gedung ini yaitu untuk mendapatkan hasil perencanaan gedung. Dalam hal ini penulis merancang ulang dengan Hotel yang awalnya 7 (tujuh) lantai dirubah menjadi 10 (sepuluh) lantai dengan mengganti pelat menggunakan *Flat Slab*.

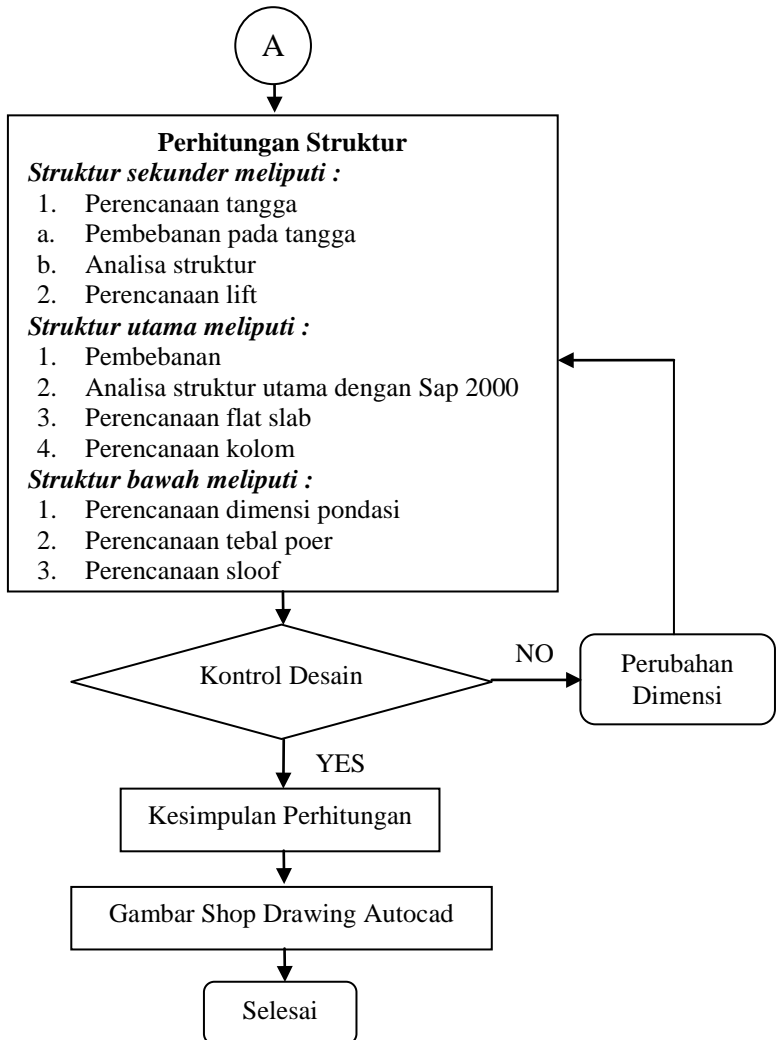
3.2 Diagram Alir

Diagram alir merupakan tahapan-tahapan yang di lakukan untuk menyelesaikan tugas akhir. Dimana setiap tahapan – tahapannya mempunyai keterkaitan satu dengan yang lainnya. Diagram alir dalam proses penyelesaian tugas akhir ini akan tersaji dalam Gambar 3.1 dan Gambar 3.2. Diagram ini menunjukkan proses penyelesaian proposal tugas akhir mulai dari tahap pertama hingga tahap akhir penyelesaian. Dengan adanya diagram alir tersebut, diharapkan mempermudah mahasiswa dalam melakukan pengerjaan tugas akhir ini.

Langkah-langkah dalam perancangan menggunakan *Flat Slab* Pada Gedung Hotel PKPRI Trunojoyo adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penyelesaian tugas akhir



Gambar 3.2 Diagram alir penyelesaian tugas akhir (Lanjutan)

3.3 Pengumpulan Data Bangunan

Data bangunan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data ukuran bangunan
 - Tipe bangunan : Hotel (Hunian)
 - Lokasi bangunan :
 - Eksisting : Sampang Madura
 - Modifikasi : Sampang Madura
 - Jumlah lantai :
 - Eksisting : 7 lantai
 - Modifikasi : 10 lantai + Atap
 - Struktur bangunan : Beton bertulang
 - Struktur atap bangunan : Beton bertulang
 - Struktur pondasi : Tiang pancang
 - Mutu beton f'_c : 35 Mpa
 - Mutu baja tulangan f_y : 400 Mpa
2. Data gambar
 - a. Gambar Site Plan
 - b. Gambar Arshitektur
 - c. Gambar Struktur
3. Data tanah
Data tanah yang didapat adalah data tanah dengan SPT

3.4 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang berkaitan dengan perencanaan diantaranya:

1. Badan Standarisasi Nasional *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (SNI 03-1726-2012)
2. Badan Standarisasi Nasional *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2013)
3. Departemen Pekerjaan Umum *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung* (PPIUG 1983).
4. Wang, C. K; Salmon, C.G 1992, Binsar Hardiandja *Desain Beton Bertulang*.

5. Nawy, E.G, 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar*.
6. Purwono. Rahmat 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, Surabaya ; ITS Press.
7. Ferguson,P.M. 1991. Dasar – dasar Beton Bertulang versi S1 edisi keempat. Diterjemahkan oleh Budianto S. Jakarta:Erlangga
8. Mosley, W.H., dan Bungey J.H 1984. Perencanaan Beton Bertulang edisi kedua, Jakarta: Erlangga.
9. Bowles, E. Joseph. 1986. *Analisa Desain Pondasi Jakarta Erlangga*.
10. Herman Wahyudi. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*.

3.5 Preliminary Desain

Preliminary desain (desain awal) merupakan perencanaan awal berupa dimensi tipe komponen struktur yang direncanakan :

3.5.1 Penentuan Dimensi Pelat Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.3.2

Untuk pelat tanpa balok interior dengan tergolong pelat dua arah, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel dan tidak boleh kurang dari poin a dan b :

- a. Tanpa panel drop (drop panels) adalah 125 mm
- b. Dengan panel drop (drop panels) adalah 100 mm

Tabel 3.1 Tebal minimum pelat tanpa balok interior
($f_y = 400\text{Mpa}$)

Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
$\frac{\lambda_n}{30}$	$\frac{\lambda_n}{33}$	$\frac{\lambda_n}{33}$	$\frac{\lambda_n}{33}$	$\frac{\lambda_n}{36}$	$\frac{\lambda_n}{36}$

satuan dalam (mm)

3.5.2 Penentuan Dimensi Kolom.

Adapun rumus yang digunakan untuk merencanakan dimensi kolom:

$$\overline{f'c} = \frac{N_{uk}}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\overline{f'c} = \frac{1}{3} x f'c \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana, N_{uk} = Beban aksial yang diterima kolom

$f'c$ = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

3.5.3 Penentuan Dimensi Drop Panel Setempat Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps. 13.2.5 point a dan point b :

- a. Tebal panel setempat harus memenuhi :

$$h_{\min} < \frac{1}{4} \text{ tebal slab}$$

$$h_{\max} \geq \frac{1}{4} \text{ jarak tepi kolom ekivalen ke tepi}$$

- b. Lebar panel $\geq \frac{1}{6} L$

3.6 Pemodelan Bangunan pada Program SAP

Setelah dilakukan preliminary desain maka akan didapatkan dimensi tiap – tiap komponen semua dimensi komponen yang telah direncanakan, kemudian dimodelkan pada program SAP sehingga menjadi satu kesatuan yang membentuk bangunan (3 dimensi).

3.7 Pembebanan Bangunan

Pembebanan bangunan bisa dilakukan pada program SAP. Adapun pembebanan itu sendiri dibedakan menjadi 3 hal, yaitu:

1. Untuk beban mati (*self weight*) beban hidup, dan beban angin disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983).
2. Untuk beban lateral (beban gempa) harus disesuaikan dengan SNI 03-1726-2012.
3. Untuk kombinasi pembebanan direncanakan dengan SNI 03-2847-2013.

3.8 Analisa Program SAP.

Pemodelan bangunan pada program SAP sesuai dengan struktur bangunan yang kita desain dalam hal ini bangunan gedung hotel. Material bahan yang dimasukkan juga sesuai dengan tugas yang diberikan oleh dosen asistensi. Input beban didapat dari beban bangunan yang telah kita hitung sebelumnya. Program SAP akan menganalisis sesuai apa yang kita rencanakan di dalamnya sehingga menghasilkan output berupa analisa struktur.

3.9 Hasil Analisa Struktur SAP

Hasil analisa yang diperoleh dari program SAP adalah berupa gaya-gaya dalam struktur yang meliputi momen, gaya nominal, serta gaya lintang. Dari hasil analisa struktur tersebut, dapat dihitung kebutuhan tulangan utama, geser maupun tulangan yang dibutuhkan, maka di cek kemampuan dari penampangnya dan syarat-syarat yang sesuai dengan SNI 03-2847-2013, Setelah memenuhi, maka dilanjutkan dengan perencanaan pondasi.

3.10 Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder yang dibahas pada bagian ini adalah struktur tangga dan lift.

Perencanaan Tangga

Berikut adalah langkah-langkah untuk perencanaan struktur tangga :

Preliminary Design

1. Pembebanan Tangga
 - a. Besarnya beban yang bekerja sesuai dengan PPIUG 1983
 - b. Kombinasi Pembebanan (SNI 03–2847–2013 Pasal 9.2.1)
 - Perhitungan Momen
 - Penulangan Tangga
 - Penulangan Lentur Pelat dan Bordes
- Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:
- SNI 03 – 2847 – 2013 pers. (10-3)
 - SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 10.3.5
 - SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 7.12.2.1
2. Penulangan Geser SNI 03 – 2847 – 2013 (11.4.7.2)
 3. Perencanaan Balok bordes
Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 11.5 tabel 8

3.11 Analisa Struktur Utama

1. Perhitungan gaya dalam (SAP 2000)
2. Kontrol Periode (Ta) SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2.1 pers.(27)
3. Kontrol Drift Tingkat SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.6

3.12 Perencanaan Struktur Utama

Perencanaan struktur utama yang direncanakan dalam tugas akhir ini antara lain pelat (*flat slab*) , kolom, pondasi. Berikut akan dibahas langkah-langkah perencanaan struktur utama.

3.12.1 Perencanaan Kolom

Dalam perencanaan ini digunakan diagram interaksi dari program SP Column untuk perencanaan kolom, dimana gaya – gaya aksial dan momen diperoleh dari perhitungan dengan program SAP 2000. Dari diagram interaksi tersebut didapat nilai ρ untuk menghitung $A_{s_{perlu}}$.

➤ Penulangan Geser Kolom

Menghitung kekuatan geser sumbangan beton (SNI-03-2847-2013 ps 11.2.1.2)

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_w d \dots\dots\dots (3.3)$$

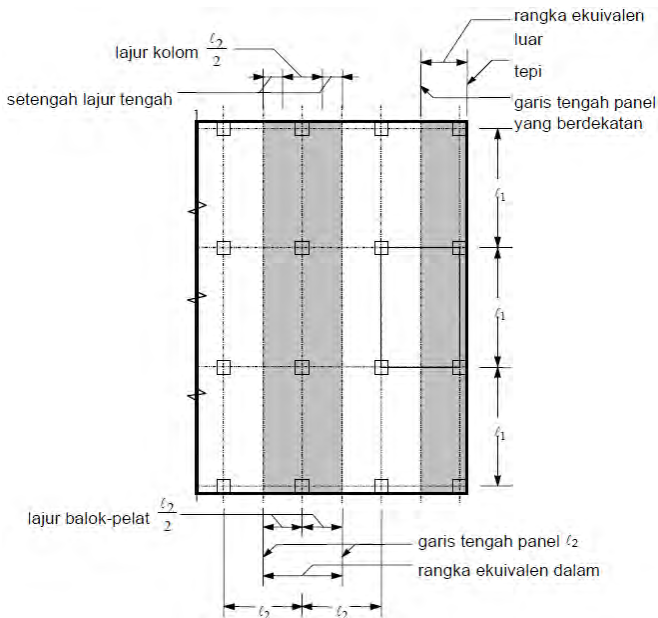
➤ Panjang lewatan pada Sambungan Tulangan kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan ditengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang di tentukan dari SNI 03-2847-2013 ps.12.2.3.

3.12.2 Perencanaan Pelat Struktur *Flat Slab*

Batasan-batasan yang harus di perhatikan dalam perencanaan struktur *flat slab* dengan metode rangka ekuivalen (SNI 03–2847 –2013 psl.13.6.1) adalah sebagai berikut :

Perencanaan struktur flat slab menggunakan metode portal ekuivalen. (SNI 03 – 2847 – 2013 psl.13.7)



Gambar 3.3 Pembagian jalur kolom dan jalur tengah

3.13 Perencanaan Pondasi

Perencanaan Pondasi menggunakan tiang pancang. Perencanaan pondasi tiang pancang sendiri harus direncanakan dengan hasil analisa struktur berupa reaksi tiap join pada perletakan struktur. Perencanaan Pondasi sendiri menggunakan tiang yang berbentuk lingkaran. Perencanaan pondasi juga didasarkan pada kondisi tanah yang ditunjukkan dalam data tanah lokasi bangunan.

3.14 Kontrol Perencanaan Pondasi

Kontrol Perencanaan pondasi meliputi: kontrol terhadap daya dukung tanah, daya dukung tiang pancang group, serta kontrol pada poer sendiri yaitu kontrol terhadap gaya lateral, kontrol geser ponds, kontrol tulangan poer serta kontrol terhadap dimensi poer itu sendiri.

3.15 Gambar

Setelah semua tahapan dikerjakan maka hasil perencanaan dapat dituangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik menggunakan program bantu Auto Cad 2007.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Pada bab ini menjelaskan tahapan-tahapan perencanaan dan analisa struktur dari pekerjaan Tugas Akhir ini. Perencanaan struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), yang perencanaannya menggunakan struktur *flat slab*. Perencanaan dimensi dan penulangan dalam tugas akhir ini meliputi struktur sekunder (tangga dan Balok lift) dan primer (pelat dan kolom).

Berikut tahapan-tahapan perencanaan dan analisa struktur untuk pekerjaan Tugas Akhir:

- Preliminary Design
- Perhitungan Struktur Sekunder
- Pembebanan dan Analisa Struktur
- Perhitungan Struktur Primer
- Perhitungan Struktur Bawah

4.2. Preliminary Design

Pada sub bab ini berisi perhitungan-perhitungan untuk menentukan perkiraan awal dari struktur bangunan. Dimensi yang ditentukan antara lain adalah ukuran pelat beserta dimensi dari *drop panel* yang akan direncanakan, ukuran kolom dan dimensi balok tie beam/sloof.

Hal-hal yang direncanakan antara lain tebal dari pelat yang pada perencanaan ini menggunakan *flat slab*, dimensi dari *drop panel*, dan dihitung juga tebal ekivalen dari pelat.

4.2.1 Perencanaan Tebal Pelat

Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua harus memenuhi ketentuan (SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.3.2).

Perencanaan Pelat didasarkan pada panel dengan ukuran $(6 \text{ m} \times 5 \text{ m})^2$.

λn = bentang terpanjang = 6000 mm

Dari tabel 3.1 untuk tebal pelat tanpa balok interior $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$h = \frac{\lambda n}{33} = \frac{6000}{33} = 181,81 \approx 200 \text{ mm}$$

Jadi,

Tebal pelat untuk lantai 2 s/d 9 direncanakan $h = 200 \text{ mm}$

Tebal pelat untuk lantai Atap direncanakan $h = 150 \text{ mm}$

4.2.2 Perencanaan Dimensi Drop Panel

Direncanakan *drop panel* untuk mereduksi jumlah tulangan momen negatif didaerah kolom yang harus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 yaitu :

$$L \text{ drop panel} \geq \frac{1}{6} L \text{ (SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5)}$$

$$L_1 = 600 \text{ cm, } L \text{ drop panel} = \frac{1}{6} \times 600 = 100 \text{ cm}$$

$$L_2 = 500 \text{ cm, } L \text{ drop panel} = \frac{1}{6} \times 500 = 83.33 \approx 90 \text{ cm}$$

Direncanakan lebar drop panel keseluruhan 190 cm untuk arah x maupun arah y , diukur dari pusat kolom

$$h \text{ drop panel} \geq \frac{1}{4} h \text{ pelat (SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5)}$$

$$h \text{ drop panel} \geq \frac{1}{4} \times 20 = 5 \text{ cm}$$

$$h \text{ drop panel} \geq 5 \text{ cm}$$

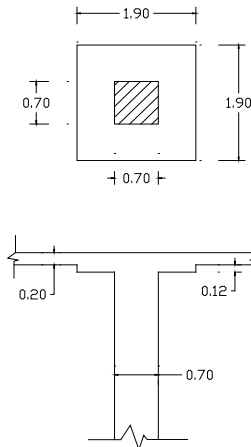
Tebal drop panel tidak boleh melebihi :

$$h \text{ drop panel} \leq \frac{1}{4} \text{ jarak tepi kolom ekivalen ke tepi drop panel}$$

$$h \text{ drop panel} \leq \frac{1}{4} \times 60$$

$$h \text{ drop panel} \leq 15.00 \text{ cm}$$

Direncanakan tebal drop panel untuk keseluruhan lantai
= 12 cm



Gambar 4.1 Dimensi pelat, drop panel dan kolom

4.2.2.1 Tebal Ekuivalen

Karena adanya drop panel di sekitar kolom, maka beban per meter persegi pelat lantai didapat berdasarkan tebal ekuivalen (tebal berbobot) dengan perbandingan antara jumlah volume pelat dan drop panel dengan luas pelat.

1. Perhitungan Tebal Ekuivalen Pelat Lantai. 2 s/d 9

$$h = \frac{L_{\text{pelat}}}{L_{\text{pelat}} + L_{\text{drop panel}}} \cdot h_{\text{pelat}} + \frac{L_{\text{drop panel}}}{L_{\text{drop panel}} + L_{\text{pelat}}} \cdot (h_{\text{pelat}} + h_{\text{drop panel}})$$

$$h = \frac{300000}{300000 + 36100} \times 20 + \frac{36100}{300000 + 36100} \times (20 + 12)$$

$$h = 17.85 + 3.44 = 21.30 \text{ cm} \approx 22 \text{ cm}$$

2. Perhitungan Tebal Ekvivalen Pelat Lantai Atap

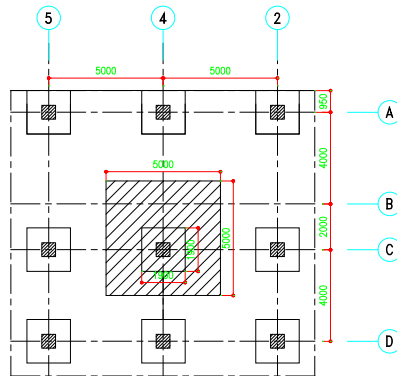
$$h = \frac{L_{\text{pelat}}}{L_{\text{pelat}} + L_{\text{drop panel}}} \cdot h_{\text{pelat}} + \frac{L_{\text{drop panel}}}{L_{\text{drop panel}} + L_{\text{pelat}}} \cdot (h_{\text{pelat}} + h_{\text{drop panel}})$$

$$h = \frac{300000}{300000 + 36100} \times 15 + \frac{36100}{300000 + 36100} \times (15 + 12)$$

$$h = 13.39 + 2,90 = 16.29 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}$$

4.2.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam menentukan dimensi kolom pada tahap preliminary design ini menggunakan cara *tributary area*. Kolom yang di tinjau adalah kolom pada lantai dasar yang menerima beban terbesar.



Gambar. 4.2 Tributary area untuk perhitungan dimensi kolom

Pembebanan

Beban mati

a. Lantai atap

$$\text{Pelat} = 5 \times 5 \times 0,20 \times 2400 = 12000 \text{ kg}$$

$$\text{Drop panel} = 1.9 \times 1.9 \times 0,12 \times 2400 = 1040 \text{ kg}$$

$$\text{Aspal} = 1 \times 14 \times 5 \times 5 = 350 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi} = 1 \times 21 \times 5 \times 5 = 525 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Penggantung + plafon} = (7 + 11) \times 5 \times 5 & = 450 \text{ kg} \\
 & \text{Ducting \& plumbing} = 25 \times 5 \times 5 & = 625 \text{ kg} \\
 & q_{d1} & = 14990 \text{ kg} \\
 \text{b. Lantai 2 s/d 9} & \\
 & \text{Pelat} = 5 \times 5 \times 0.20 \times 2400 \times 9 & = 108000 \text{ kg} \\
 & \text{Drop panel} = 1.9 \times 1.9 \times 0.12 \times 2400 \times 9 & = 9357 \text{ kg} \\
 & \text{Tegel} = 1 \times 24 \times 5 \times 5 \times 9 & = 5400 \text{ kg} \\
 & \text{Spesi} = 2 \times 21 \times 5 \times 5 \times 9 & = 9450 \text{ kg} \\
 & \text{Penggantung + plafon} = (7 + 11) \times 5 \times 5 \times 9 & = 4050 \text{ kg} \\
 & \text{Ducting dan plumbing} = 25 \times 5 \times 5 \times 9 & = 5625 \text{ kg} \\
 & \text{Partisi} = 40 \times 5 \times 5 \times 9 & = 9000 \text{ kg} \\
 & & + \\
 & q_{d2} & = 150882 \text{ kg} \\
 \text{Berat total (} q_d \text{)} = q_{d1} + q_{d2} & = 165872 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 & \text{Beban hidup atap} = 250 \times 5 \times 5 & = 6250 \text{ kg} \\
 & \text{Beban hidup lantai 1 s/d 9} = 5 \times 5 \times 9 \times 250 & = 56250 \text{ kg} \\
 & & + \\
 & q_l & = 62500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u & = 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 & = 1,2 \times 165872,6 + 1,6 \times 62500 & = 299046,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

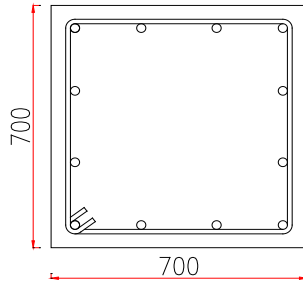
Mutu beton (f'_c) = 35 MPa

$$\text{Dimensi (} A \text{)} = \frac{q_u}{0,33 \times f'_c} = \frac{299046,4}{0,33 \times 350} = 2589,15$$

$$b^2 = 2589,15$$

$$b = \sqrt{2589,15} = 50,88$$

Dimensi kolom diambil : 70 x 70



Gambar. 4.3 Gambar dimensi kolom (mm)

4.2.4 Perencanaan Dimensi Sloof

Untuk panjang sloof = 3.00 m

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{sloof}}{L_{sloof}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}xbxh^3}{L_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12}xbxh^3}{L_{sloof}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}x700x700^3}{4000} \geq \frac{\frac{1}{12}x\frac{2}{3}xhxh^3}{3000}$$

$$222.222xh^4 \leq 6.00x10^{13}$$

$$h^4 \leq 2.7x10^{11}mm$$

$$h \leq 720.84mm$$

Di pakai h sloof = 700 mm

$$b = \frac{2}{3}x720.84 = 480.56mm$$

Di pakai h sloof = 500 mm

Dimensi sloof yang digunakan adalah 500 x 700 mm

4.3. Perhitungan Struktur Sekunder

Pada sub bab ini, menjelaskan perhitungan penulangan dari struktur sekunder yang terdiri dari struktur struktur tangga dan struktur lift.

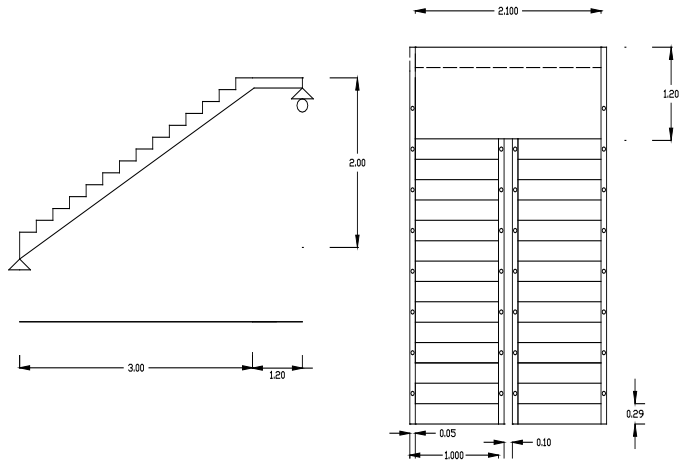
4.3.1 Perencanaan Tangga

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam *alternative*, baik itu konstruksi maupun perletakannya. Konstruksi tangga dapat direncanakan sebagai balok tipis, pelat, maupun sebagai konstruksi balok dan pelat. Perbedaan asumsi menentukan besarnya gaya reaksi yang terjadi pada struktur tangga.

Dalam perencanaan ini tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya – gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tertentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, sendi-rol, ataupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi akan menentukan cara penulangan konstruksi serta pengaruhnya terhadap struktur secara keseluruhan. Dalam perhitungan ini perletakan diasumsikan sebagai sendi-rol.

4.3.1.1 Data – data perencanaan :

- a. Perletakan Sendi dan Rol pada bagian bordes
- b. Mutu beton ($f'c$) : 35 Mpa
- c. Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- d. Panjang bordes : 210 cm
- e. Lebar tangga : 100 cm
- f. Tebal pelat miring : 14 cm
- g. Tebal pelat bordes : 14 cm
- h. Tebal selimut beton : 20 mm
- i. Tinggi injakan (t) : 18 cm
- j. Lebar injakan (i) : 29 cm



Gambar 4.4 Denah Tangga dan Potongan Tangga

4.3.1.2 Perhitungan Pelat Tangga

Syarat Perencanaan :

$$60 \leq 2.t + i \leq 65$$

Lebar injakan (i) diambil : 29 cm

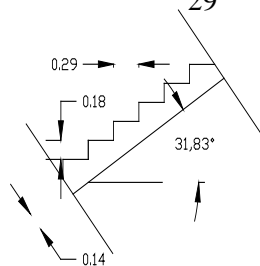
$$60 \leq 2.t + 29 \leq 65$$

$$15,5 \leq t \leq 18$$

Syarat kemiringan tangga

$$20 \leq \alpha \leq 40$$

$$\text{Kemiringan tangga } (\alpha) = \arctan \left(\frac{18}{29} \right) = 31,83^\circ \text{ OK}$$



Gambar 4.5 Ukuran anak tangga

Tebal pelat anak tangga rata – rata (t_r)

$$\text{arc tg} \left(\frac{18}{29} \right) = \text{arc sin} \left(\frac{2tr}{30} \right)$$

$$t_r = \frac{30}{2} \times \sin \left(\text{arc tg} \frac{18}{29} \right)$$

$$t_r = 7.91 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$$

$$t_r = 14 + 8 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

4.3.1.3 Pembebanan Pelat Bordes dan Anak Tangga

a. Pembebanan Pelat Anak Tangga

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0,22 \times 1 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 31,83^\circ} = 621,46 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \times 24 = 24,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 2 \times 21 = 42,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sandaran} = 50,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total (DL)} = 737,46 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup (LL)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Ultimate

$$\text{Qult1} = 1,2 \cdot \text{DL} + 1,6 \cdot \text{LL}$$

$$= 1,2 (737,46) + 1,6(300)$$

$$= 1364,95 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 1364,95 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri} = 0,14 \times 1.45 \times 2400 = 487,20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \times 24 = 24,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 2 \times 21 = 42,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sandaran} = 50,00 \text{ kg/m}^2$$

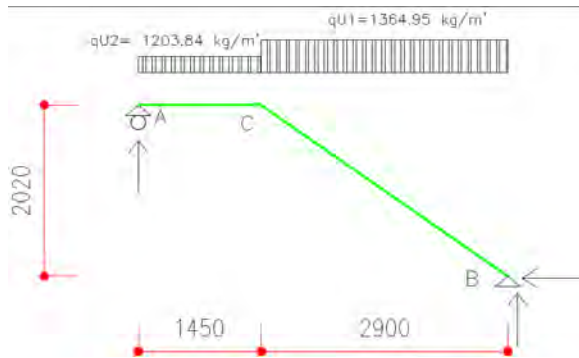
$$\text{Total (DL)} = 603.20 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup (LL)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Ultimate

$$\begin{aligned} \text{Qult2} &= 1,2 \cdot \text{DL} + 1,6 \cdot \text{LL} \\ &= 1,2 (603,2) + 1,6(300) \\ &= 1203,84 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 1203,84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

c. Analisa Gaya-Gaya Dalam**Gambar 4.6** Analisa Gaya Dalam Tangga**d. Perhitungan Momen :**

1. Reaksi Perletakan :

$$\triangleright \Sigma M_B = 0$$

$$(V_A \times 4,35) - (q_2 \times 1,45 \times (0,725 + 2,90)) - (q_1 \times 2,9 \times 1,45) = 0$$

$$(V_A \times 4,35) - (1203,84 \times 1,45 \times (3,625)) - (1364,95 \times 2,9 \times 1,45) = 0$$

$$V_A = 2774,09 \text{ kg}$$

$$\triangleright \Sigma V = 0$$

$$V_A + V_B - (q_2 \times 1,25) - (q_1 \times 4,06) = 0$$

$$2774,09 + V_B - (1203,84 \times 1,45) - (1364,95 \times 2,90) = 0$$

$$V_B = 2929,833 \text{ kg}$$

2. Pelat Bordes A-C (1,45 M)

a. Gaya Momen (M)

$$M_{x1} = V_A \times X_1 - (0,5 \times q2 \times X_1^2)$$

➤ Momen Maksimum bila :

$$\frac{\delta M_{x1}}{\delta x_1} = 0$$

$$V_A - (q2 \times X_1) = 0$$

$$X_1 = \frac{V_A}{q2} = \frac{2774.09}{1203.84} = 2,304 \text{ m} > 1,25 \text{ (tidak mungkin)}$$

Maka momen maksimum terjadi dititik C = $X_1 = 1,45 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_A \times X_1 - (0,5 \times q2 \times X_1^2) \\ &= 2774.09 \times 1,45 - (0,5 \times 1203.84 \times 1,45^2) \\ &= 2756.89 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Titik A , $M_A = 0 \text{ kg.m}$

b. Gaya Lintang (D)

$$Dx = V_A - (q2 \times X_1) = 2774.09 - (1203.84 \times X_1)$$

$$\text{Titik A } (X_1 = 0) \quad ; D_A = 2774.09 \text{ kg}$$

$$\text{Titik C } (X_1 = 1,25) \quad ; D_C = 1269.29 \text{ kg}$$

c. Gaya Normal (N)

$$\text{Titik A} \quad ; N_A = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Titik C} \quad ; N_C = 0 \text{ kg}$$

3. Pelat Tangga C – B (2,90 m)

a. Gaya Momen (M)

$$M_{x2} = V_A(1,20 + X_2) - q2 \times 1,20 \times (0,575 + X_2) - (0,5 \times q1 \times X_2^2)$$

$$M_{x2} = (1,20 V_A + X_2 \cdot V_A) - (0,66 \cdot q2) - (1,20 \cdot q2 \cdot X_2) - (0,5 \cdot q1 \cdot X_2^2)$$

➤ Momen Maksimum bila :

$$\frac{\delta M_{x2}}{\delta x2} = 0$$

$$V_A - (1,45 \times q2) - (q1 \times X_2) = 0$$

$$X_2 = \frac{V_A - 1,20q_2}{q_1} = \frac{2774,09 - (1,45 \times 1203,84)}{1364,95} = 0,7535 \text{ m}$$

➤ Maka momen maksimum terjadi dititik $X_2 = 0,7535 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_A(1,45 + X_2) - q_2 \times 1,45 \times (0,725 + X_2) - (0,5 \times q_1 \times X_2^2) \\ &= 2774,09(1,45 + 0,7535) - 1203,84 \times 1,45 \times (0,725 + 0,7535) - (0,5 \times 1262,58 \times 0,7535^2) \\ &= 2486,22 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Titik C , $M_c = 1955,32 \text{ kg.m}$

b. Gaya Lintang (D)

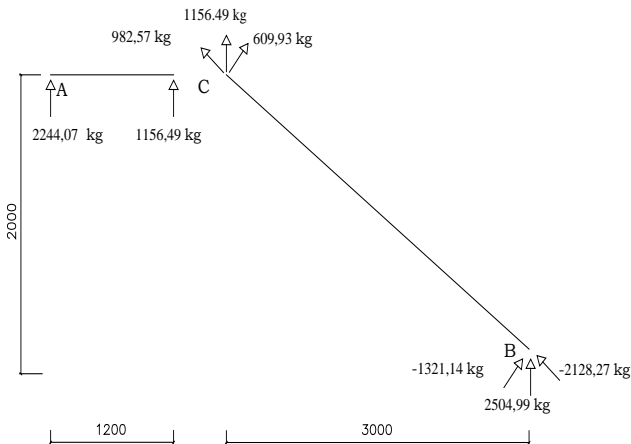
$$\text{Titik C} \quad D_c = 1156,49 \text{ kg} \times \sin 31,83^\circ = 609,93 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik B} \quad D_B &= 609,93 \text{ kg} - q_1 \times 3,00 \times \sin 31,83^\circ \\ &= 609,93 \text{ kg} - 1262,58 \times 3,00 \times \sin 31,83^\circ \\ &= -1321,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

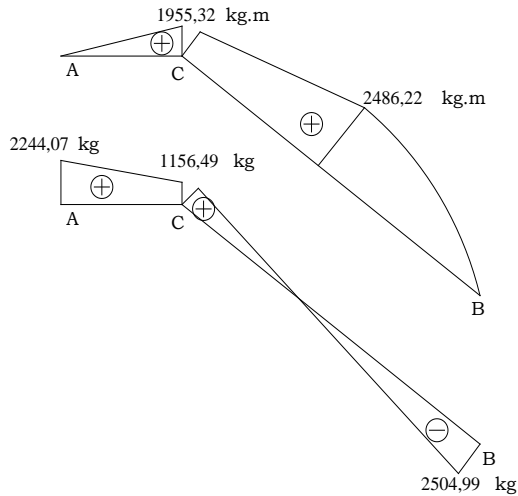
c. Gaya Normal (N)

$$\text{Titik C} \quad ;N_C = 1156,49 \times \cos 31,83^\circ = 982,57 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik B} \quad ;N_B &= 982,57 - q_1 \times 3,00 \times \cos 31,83^\circ \\ &= 982,57 - 1262,58 \times 3,00 \times \cos 31,83^\circ \\ &= -2128,27 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Diagram Freebody gaya – gaya pada tangga



Gambar 4.8 Bidang Momen dan Lintang pada tangga

- Pada Pelat Tangga :

Momen Maksimum	= 2486,22 kg.m
Gaya Lintang Maksimum	= 1321,14 kg
- Pada Pelat Bordes :

Momen Maksimum	= 1955,32 kg.m
Gaya Lintang Maksimum	= 2244,07 kg

4.3.1.4 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

a. Data - Data Perencanaan

Mutu beton (f'_c)	= 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400 Mpa
Berat jenis beton	= 2400 Mpa
Tebal pelat tangga	= 140 mm
Tebal pelat bordes	= 140 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm (SNI 03-2847-2013 pasal 9.7.1)
Mu pelat tangga	= 2486,22 kg.m
Mu bordes	= 1955,32 kg.m

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,038 \\ \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,038 = 0,0285 \\ \rho_{min\ b} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035 \\ \rho_{min\ p} &= 0,0018 \text{ (SNI 03-2847-2013 pasal 7.12(b))} \\ m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 35} = 13,445 \\ d &= 140 - 20 - (0,5 \times 10) = 110 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. Penulangan Pelat Tangga

1. Penulangan lentur

$$M_u = 2486,22 \text{ kg.m} = 2486,22 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2486,22 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 110^2} = 2,57$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,57}{400}} \right) = 0,0067\end{aligned}$$

ternyata $\rho_{min} = 0,0018 < \rho = 0,0067 < \rho_{max} = 0,0285$

dipakai $\rho = 0,0067$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0067 \times 1000 \times 110 = 737 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur D13 – 120

$$A_{s\text{ada}} = 1021,01 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 737 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

2. Penulangan Susut /Pembagi

$$A_{s\text{susut}} = \rho_{min} \times b \times h$$

$$A_{s\text{susut}} = 0,0018 \times 1000 \times 220 = 396 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D10- 150 (523.60 mm²)

c. Penulangan Pelat Bordes

1. Penulangan lentur

$$M_u = 1955,32 \text{ kg.m} = 1955,32 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1955,32 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 110^2} = 2,02$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,02}{400}} \right) = 0,00523$$

$$\text{ternyata } \rho_{\min} = 0,0035 < \rho < \rho_{\max} = 0,085$$

$$\text{dipakai } \rho = 0,00523$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00523 \times 1000 \times 110 = 575,80 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan Tulangan Lentur D13 - 120}$$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 1021,01 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 575,80 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

2. Penulangan susut /pembagi

$$A_{s_{\text{susut}}} = \rho_{\min} \times b \times h$$

$$A_{s_{\text{susut}}} = 0,0018 \times 1000 \times 220 = 396 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan D10- 150 (523,60 mm}^2 \text{)}$$

4.3.1.5 Penulangan Balok Bordes

a. Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h = \left(\frac{1}{10} s / d \frac{1}{16} \right) \times L = \frac{1}{10} \times 3300 = 33 \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \left(\frac{1}{2} s / d \frac{2}{3} \right) \times h = \frac{2}{3} \times 33 = 22 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 30/40

b. Pembebanan Balok Bordes

1. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok} = (0,3 \times 0,4) \times 2400 = \frac{288 \text{ kg/m} +}{q_d} = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat bordes (gaya aksial)} = 2244,07 \text{ kg/m}$$

2. Beban Ultimate

$$q_u \text{ total} = 1,2q_d + 2244,07 = 1,2 \times 288 + 2244,07 \\ = 2589.67 \text{ kg/m}$$

c. Perhitungan Momen Ultimate

$$M_{\text{tumpuan}} = \frac{1}{10} x q_u x L^2 = \frac{1}{10} x 2589.67 x 3,30^2 \\ = 2820.15 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{10} x q_u x L^2 = \frac{1}{10} x 2589.67 x 3,30^2 \\ = 2820.15 \text{ kg.m}$$

d. Gaya Geser Dari Balok Bordes

$$q_u \text{ total} = 2589.67 \text{ kg.m}$$

$$V_{u \text{ total}} = \frac{1}{2} x 2589.67 x 3,30 = 4272.96 \text{ kg}$$

e. Penulangan Lentur Balok Bordes

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 16 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$$

1. Tumpuan

$$M_{\text{tumpuan}} = 2820.15 \text{ kg.m} = 2820.15 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2820.15 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 342^2} = 1.00$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,0}{400}} \right) = 0.00254$$

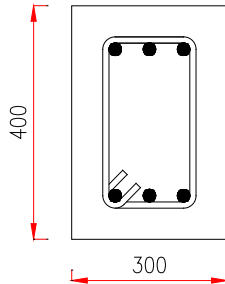
$$\text{ternyata } \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035 > \rho$$

$$\text{dipakai } \rho = 0,0035$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 300 \times 342 = 359 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur **3D16**

$$A_{s_{ada}} = 603.20 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 359 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.9 Detail penulangan balok bordes tumpuan

2. Lapangan

$$M_{\text{lapangan}} = 2820.15 \text{ kg.m} = 2820.15 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2820.15 \times 10^4}{0.8 \times 300 \times 342^2} = 1.00$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,0}{400}} \right) = 0.00254$$

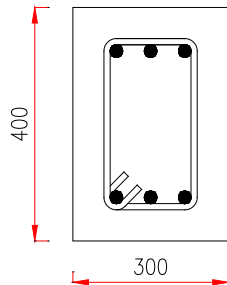
$$\text{ternyata } \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035 > \rho$$

dipakai $\rho = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 300 \times 342 = 359 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur **3D16**

$$A_{s_{ada}} = 603.20 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 359 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.10 Detail penulangan balok bordes lapangan

f. Penulangan Geser Balok Bordes

$$V_u = 4272.96 \text{ kg} = 42.729,6 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 300 \times 342 = 101.164,96 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 101.164,96 = 75873.72 \text{ N}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} b_w d = \frac{1}{3} \times 300 \times 342 = 34.200,0 \text{ N}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{2}{3} \times \sqrt{35} \times 300 \times 342 = 404.659,86 \text{ N}$$

karena, $V_u < \phi V_c$, berarti tidak memerlukan tulangan geser.

(SNI 03-2847-2013 ps 11.2.1.1)

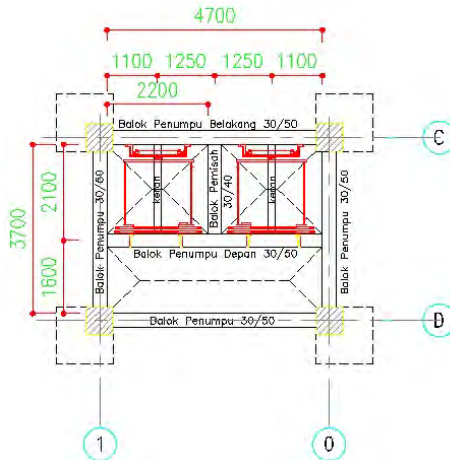
Di pasang tulangan sengkang praktis **D10-150**

4.3.2 Perencanaan Lift

4.3.2.1 Data Perencanaan

Pada perancangan lift ini meliputi balok – balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu depan, balok penumpu belakang dan balok pemisah sangkar. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh HYUNDAI ELEVATOR dengan data – data sebagai berikut :

- Tipe Lift : Passenger



Gambar 4.12 Denah Balok Sangkar lift

4.3.2.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift :

a. Balok Pemisah Sangkar Dan Balok Penggantung:

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 210 = 13,125 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 40 = 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Direnakan dimensi balok : 30/40 cm

b. Balok Penumpu :

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 470 = 29,375 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 50 = 33,33 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Direnakan dimensi balok : 30/50 cm

4.3.2.3 Penulangan Balok Pemisah sangkar (30/40)

a. Pembebanan

Beban mati pelat (q) = $0,20 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup pelat ruang mesin (q) = 400 kg/m^2

1. Berat Mati Merata

$$\text{Berat Sendiri} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 \times 1,0 = 288,0 \text{ kg/m}$$

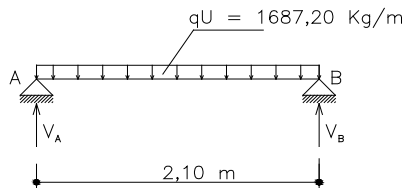
$$\begin{aligned} \text{Beban mati pelat} &= 2x \frac{1}{2} \times q \times Lx \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2x \frac{1}{2} \times 480 \times 1,25 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,25}{2,10} \right)^2 \right] = 530,0 \text{ kg/m} + \\ &\quad \underline{\quad \quad \quad} \\ &\quad \quad \quad qD = 818 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Berat Hidup Merata

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup pelat} &= 2x \frac{1}{2} \times q \times Lx \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2x \frac{1}{2} \times 400 \times 1,25 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,25}{2,10} \right)^2 \right] = 441,0 \text{ kg/m} + \\ &\quad \underline{\quad \quad \quad} \\ &\quad \quad \quad qL = 441,0 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

3. Beban Ultimate

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL = (1,2 \times 818) + (1,6 \times 441) \\ &= 1687,20 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Pembebanan Pada Balok Pemisah Sangkar

b. Perhitungan Momen Ultimate

Berdasarkan PBI 1971 pasal 13.2.3 didapat :

$$M_{tump} = 1/16 \times 1687,20 \times 2,10^2 = 465,03 \text{ kg.m}$$

$$M_{lap} = 1/11 \times 1687,20 \times 2,10^2 = 676,41 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1/2 \times 1687,20 \times 2,10 = 1771,56 \text{ kg}$$

c. Perhitungan Tulangan Lentur

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Dia. Tul utama} = \text{D16}$$

$$\text{Dia. Tul sengkang} = \text{D10}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - (16/2) = 342 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{(SNI-03-2847-2013 ps 10.5.1)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{bal} &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI-03-2847-2013 ps 8.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,038 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \text{(SNI-03-2847-2013 ps 10.3.3)} \\ &= 0,75 * 0,038 = 0,0285 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

1. Penulangan Daerah Tumpuan

$$M_u = 465.03 \text{ kg.m} = 465.03 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{465.03 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 342^2} = 0,166$$

$$\begin{aligned} \rho_s &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,166}{400}} \right) = 0,00042 \end{aligned}$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi f_y (d - d') b d}$$

$$= \frac{465.03 \times 10^4}{0,8 \times 400 \times (342 - 58) \times 300 \times 342} = 0.0005$$

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_s + \rho' \\ &= 0,00042 + 0,0005 = 0,00092 \end{aligned}$$

$\rho < \rho_{\min}$, dipakai $\rho = 0.0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 300 \times 342 \\ &= 359.10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

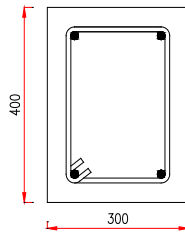
Digunakan Tulangan Lentur atas 2 D16

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 402,12 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 359.10 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,0005 \times 300 \times 342 = 51,30 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur bawah 2 D16

$$A_{s'_{\text{ada}}} = 402 \text{ mm}^2 > A_{s'_{\text{perlu}}} = 51,30 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.14 Detail penulangan balok pemisah sangkar tumpuan

2. Penulangan Daerah Lapangan

$$M_u = 676.41 \text{ kg.m} = 676.41 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{676.41 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 342^2} = 0,24$$

$$\begin{aligned} \rho_s &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,24}{400}} \right) \\ &= 0,0006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{Mu}{\phi f_y (d - d') b d} \\ &= \frac{676.41 \times 10^4}{0.8 \times 400 \times (342 - 58) \times 300 \times 342} \\ &= 0.00069\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \rho_s + \rho' \\ &= 0.0006 + 0.00069 \\ &= 0.00129\end{aligned}$$

$\rho < \rho_{\min}$, dipakai $\rho = 0.0035$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 300 \times 342 \\ &= 359.10 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

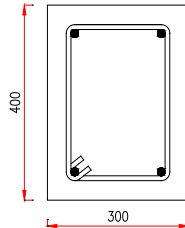
Digunakan Tulangan Lentur atas 2 D16

$$A_{s\text{pakai}} = 402,12 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 359.10 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

$$\begin{aligned}A_s' &= \rho' \times b \times d \\ &= 0.00069 \times 300 \times 342 \\ &= 70.79, \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur bawah 2 D16

$$A_s'_{\text{ada}} = 402 \text{ mm}^2 > A_s'_{\text{perlu}} = 70,79 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.15 Detail penulangan balok pemisah sangkar lapangan

d. Penulangan Geser

$$V_u = 1771.56 \text{ kg} = 17.715,6 \text{ N}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - (1/2 \times 16) = 342 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}V_c &= (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = (1/6) \times \sqrt{35} \times 300 \times 342 \\ &= 101164,96 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \times 101164,96 \text{ N} = 60698,98 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \times 60698,98 \text{ N} = 30349,49 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_{s \min} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 300 \times 342 = 20520 \text{ N}$$

Cek kondisi pereencanaan geser (SNI 03 – 2847 – 2013 Ps. 9.4.6.1)

$$1. V_u \leq 0,5 \times \phi V_c$$

$$17.715,6 \text{ N} < 30349,49 \text{ N} \text{ (memenuhi)}$$

$$2. 0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$20321.73 \text{ N} < 35153.8 \text{ N} < 40643.47 \text{ N}$$

Jadi, termasuk kondisi 1 : tidak perlu tulangan geser
Pakai tulangan geser praktis : D10-150

4.3.2.4 Penulangan Balok Penggantung Sangkar (30/40)

a. Pembebanan

1. Berat Hidup Terpusat :

Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pada pasal 3.3.(3), halaman 16 PPIUG 1983 menyatakan bahwa keran yang mengalami struktur terdiri dari berat sendiri keran ditambah dengan berat muatan yang diangkatnya. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dan kemudian dikalikan dengan suatu koefisien yang ditentukan menurut rumus sbb :

$$\begin{aligned} \psi &= (1 + k_1 \times k_2 \times V) \geq 1,15 \\ &= (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \geq 1,15 \\ &= 1,78 \geq 1,15 \end{aligned}$$

Dimana :

ψ = Koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

V = Kecepatan angkat maksimum dalam m/dt pada pengangkatan muatan maksimum dalam keran induk dan keran

angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/dt

K_1 = Koefisien yang tergantung pada kekuatan struktur keran induk, untuk keran induk dengan struktur rangka pada umumnya diambil sebesar 0,6

K_2 = koefisien yang tergantung pada sifat – sifat mesin angkat dari keran angkatnya dan dapat diambil sebesar 1.3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$PU = R \cdot \psi = (4550+2800) \times 1,78 = 13.083,0 \text{ kg}$$

2. Berat Mati Merata

$$\text{Beban mati pelat } (q) = 0,20 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Sendiri} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 \times 1,0 = 288,0 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban mati pelat} &= 2x \frac{1}{2} \times q \times Lx \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2x \frac{1}{2} \times 480 \times 1,25 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,25}{2,10} \right)^2 \right] = 530,0 \text{ kg/m} + \\ &\quad \underline{\hspace{10em}} \\ &\quad \text{qD} = 818 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

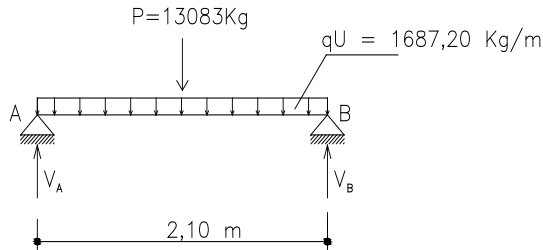
3. Berat Hidup Merata

$$\text{Beban hidup pelat ruang mesin } (q) = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup pelat} &= 2x \frac{1}{2} \times q \times Lx \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right] \\ &= 2x \frac{1}{2} \times 400 \times 1,25 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,25}{2,10} \right)^2 \right] = 441,0 \text{ kg/m} + \\ &\quad \underline{\hspace{10em}} \\ &\quad \text{qL} = 441,0 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4. Beban Ultimate

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL = (1,2 \times 818) + (1,6 \times 441) \\ &= 1687,20 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4.16 Pembebanan Pada Balok Penggantung Sangkar

b. Perhitungan Momen Ultimate

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot 2.1 - 1687.20 \cdot (2.1) \cdot (1.05) - 13083 \cdot (1.05) = 0$$

$$R_A = 8313.06 \text{ kg}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- R_B \cdot 2.1 + 1687.20 \cdot (2.1) \cdot (1.05) + 13083 \cdot (1.05) = 0$$

$$R_B = 8313.06 \text{ kg}$$

Cek :

$$(1687.20) \cdot 2.1 + 13083 = 8318.06 + 8313.06 \rightarrow 16626.12 \text{ kg} = 16626.12 \text{ kg ok!!}$$

Karena beban simetris maka letak momen maksimum terletak pada $x = 1.05 \text{ m}$

$$\begin{aligned} M_{max} &= 8313.06 (1.05) - \frac{1}{2} \cdot 1687.20 \cdot (1.05)^2 \\ &= 7798.644 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Untuk penentuan momen yang akan dipakai ditentukan dengan menggunakan koefisien momen seperti pada *PBI ' 71 Ps. 13.2.4* :

$$M_{tump} = 1/3 \times M_{max} = 1/3 \times 7798.644 = 2599.55 \text{ kg.m}$$

$$M_{lap} = 4/5 \times M_{max} = 4/5 \times 7798.644 = 6238.91 \text{ kg.m}$$

c. Perhitungan Tulangan Lentur

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dia. Tul utama = D16

Dia. Tul sengkang = D10

$$d = 400 - 40 - 10 - (16/2) = 342 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{(SNI-03-2847-2013 ps 10.5.1)}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \text{ (SNI-03-2847-2013 ps 8.4.3)}$$

$$= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,038$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{balance} \text{(SNI-03-2847-2013 ps 10.3.3)}$$

$$= 0,75 \times 0,038 = 0,0285$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

1. Penulangan Daerah Tumpuan

$$M_u = 2599.55 \text{ kg.m} = 2599.55 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{2599.55 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 342^2} = 0,926$$

$$\rho_{\delta} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,926}{400}} \right)$$

$$= 0,00235$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi f_y (d - d') b d}$$

$$= \frac{2599.55 \times 10^4}{0,8 \times 400 \times (342 - 58) \times 300 \times 342}$$

$$= 0,00279$$

$$\rho = \rho_{\delta} + \rho'$$

$$= 0,00235 + 0,00279 = 0,00514$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, dipakai $\rho = 0.00514$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00514 \times 300 \times 342 \\ &= 527,364 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

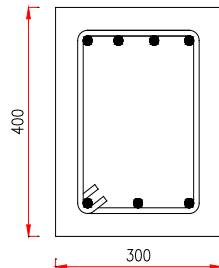
Digunakan Tulangan Lentur atas 4 D16

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 804.25 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 527.40 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,00279 \times 300 \times 342 \\ &= 286.254 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur bawah 3 D16

$$A_{s'_{\text{ada}}} = 603.20 \text{ mm}^2 > A_{s'_{\text{perlu}}} = 286.254 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.17 Detail penulangan balok penggantung sangkar tumpuan

2. Penulangan Daerah Lapangan

$$M_u = 6238.91 \text{ kg.m} = 6238.91 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{6238.91 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 342^2} = 2,22$$

$$\begin{aligned} \rho_s &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,22}{400}} \right) \\ &= 0,00577 \end{aligned}$$

$$\rho' = \frac{Mu}{\phi f_y (d - d') b d}$$

$$= \frac{0,80 \times 6238,91 \times 10^4}{0,8 \times 400 \times (342 - 58) \times 300 \times 342} = 0,00535$$

$$\rho = \rho_s + \rho'$$

$$= 0,00577 + 0,00535$$

$$= 0,01112$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, dipakai $\rho = 0.01112$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,01112 \times 300 \times 342$$

$$= 1140.912 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur bawah 6 D16

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 1206.37 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 1140.91 \text{ mm}^2 \dots \dots \dots (\text{Ok})$$

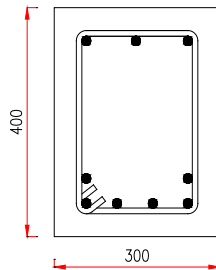
$$A_s' = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,00535 \times 300 \times 342$$

$$= 548.91 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur atas 3 D16

$$A_s'_{\text{ada}} = 602.20 \text{ mm}^2 > A_s'_{\text{perlu}} = 548.91 \text{ mm}^2 \dots \dots \dots (\text{Ok})$$



Gambar 4.18 Detail penulangan balok penggantung sangkar tumpuan

d. Penulangan Geser

$$V_u = 8313.06 \text{ kg} = 83.130,6 \text{ N}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - (1/2 \times 16) = 342 \text{ mm}$$

$$V_c = (1/6) x \sqrt{f'_c} x b_w x d = (1/6) x \sqrt{35} x 300 x 342 \\ = 101164,96 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 x 101164,96 \text{ N} = 60698,98 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 x 60698,98 \text{ N} = 30349,49 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_{s \min} = 0,6 x \frac{1}{3} x b_w x d = 0,6 x \frac{1}{3} x 300 x 342 = 20520 \text{ N}$$

Cek kondisi pereancangan geser (SNI 03 – 2847 – 2013 Ps. 9.4.6.1)

$$1. Vu \leq 0,5 x \phi V_c$$

$$83130,6 \text{ N} < 30349,49 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

$$2. 0,5 \phi V_c \leq Vu \leq \phi V_c$$

$$30349,49 \text{ N} < 83130,6 \text{ N} < 60698,98 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

$$3. \phi V_c \leq Vu \leq (\phi V_c + \phi V_{s \min})$$

$$60698,98 \text{ N} < 83130,6 \text{ N} < 81218,98 \text{ N (tidak memenuhi)}$$

$$4. (\phi V_c + \phi V_{s \min}) \leq Vu \leq (\phi V_c + \phi \frac{1}{3} x \sqrt{f'_c} x b_w x d)$$

$$81218,98 \text{ N} < 83130,6 \text{ N} < 182096,94 \text{ N (memenuhi)}$$

Jadi, termasuk kondisi 4 : perlu tulangan geser
maka dalam SNI 03-2847-2013 pasal 13.4.7.1, perlu dipasang tulangan geser :

$$V_{s \text{ perlu}} = \frac{Vu}{\phi} - V_c = \frac{83130,6}{0,6} - 101164,96 = 37386,04 \text{ N}$$

$$A_v = 2 D10 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 240 \times 342}{37386,04} = 344,86 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat: } S \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \leq 342/2 = 171 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Pasang tulangan sengkang tumpuan **D10 – 100 mm**

4.3.2.5 Penulangan Balok Penumpu (30/50)

a. Pembebanan

Beban mati pelat (q) = $0,20 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup pelat ruang mesin (q) = 400 kg/m^2

1. Berat Mati Merata :

Berat Sendiri = $0,30 \times 0,50 \times 2400 \times 1,00 = 360,0 \text{ kg/m}$

Beban mati pelat

$$= \frac{1}{3} \times q \times Lx = \frac{1}{3} \times 480 \times 5 = 800,0 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1160,0 \text{ kg/m}$$

2. Berat Hidup Merata :

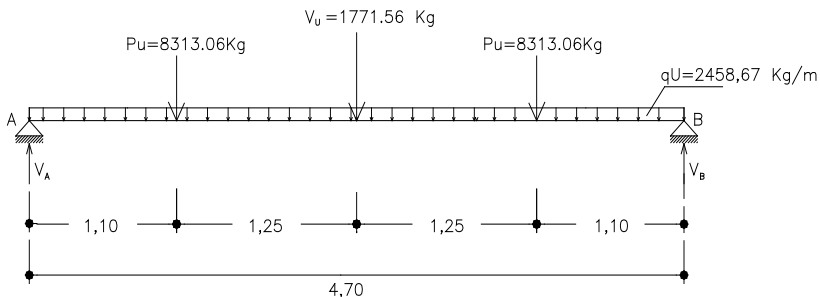
Beban hidup pelat

$$= \frac{1}{3} \times q \times Lx = \frac{1}{3} \times 400 \times 5 = 666,67 \text{ kg/m}$$

$$qL = 666,67 \text{ kg/m}$$

3. Beban Ultimate

$$qU = 1,2 qD + 1,6 qL = (1,2 \times 1160) + (1,6 \times 666,67) = 2458,67 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.19 Pembebanan Pada Balok Penumpu

b. Perhitungan Momen Ultimate

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot 4,7 - 2458,67 \times 4,7 \times 2,35 - 1771,56 \times 2,35 - 8313,06 \times 3,6 - 8313,06 \times 1,1 = 0$$

$$R_A = 14976,72 \text{ kg}$$

$$\sum D = 0$$

$$14976,72 - 2 \times 8313,06 - 2458,67 \times 4,7 - 1771,56 + R_B = 0$$

$$R_B = 14976,72 \text{ kg}$$

Karena beban simetris, maka letak momen maksimum pada $x = 2,35 \text{ m}$

$$M_{\max} = 14976,72 \times 2,35 - \frac{1}{2} \cdot 2458,67 \times 2,35^2 - 8313,06 \times 1,25 = 18014,96 \text{ kg.m}$$

Berdasarkan PBI 1971 pasal 13.2 didapat :

$$M_{\text{tump}} = \frac{1}{3} \times M_o = \frac{1}{3} \times 18014,96 \text{ kg.m} = 6005,00 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{lap}} = \frac{4}{5} \times M_o = \frac{4}{5} \times 18014,96 \text{ kg.m} = 14412,00 \text{ kg.m}$$

c. Perhitungan Tulangan Lentur

- $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Dia. Tul utama = D16 mm
- Dia. Tul sengkang = D10 mm
- $d = 500 - 40 - 10 - (16/2) = 442 \text{ mm}$
- $b = 300 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ (SNI-03-2847-2013 ps 10.5.1)}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI-03-2847-2013 ps 8.4.3)}$$

$$= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0379$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \text{ (SNI-03-2847-2013 ps 10.3.3)}$$

$$= 0,75 \times 0,0379 = 0,0284$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

1. Penulangan Daerah Tumpuan

$$M_u = 6005,00 \text{ kg.m} = 6005,00 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{6005,00 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 442^2} = 1,28$$

$$\begin{aligned} \rho_\delta &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,28}{400}} \right) \\ &= 0,00327 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi f_y (d - d') b d} \\ &= \frac{6005,00 \times 10^4}{0,8 \times 400 \times (442 - 58) \times 300 \times 442} = 0,003685 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_\delta + \rho' \\ &= 0,00327 + 0,003685 \\ &= 0,006955 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, \text{ dipakai } \rho = 0,006955$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006955 \times 300 \times 442 \\ &= 922,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

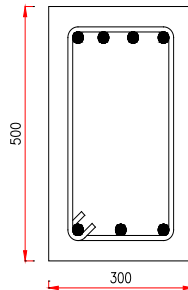
Digunakan Tulangan Lentur 5 D16 dikonversi 4D22

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 1520,53 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 922,23 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,003685 \times 300 \times 442 \\ &= 488 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur 3 D22

$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 1140,40 \text{ mm}^2 > A_{s'_{\text{perlu}}} = 488 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.20 Detail penulangan balok penumpu tumpuan

2. Penulangan Daerah Lapangan

$$M_u = 14412 \text{ kg.m} = 14412 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{14412 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 442^2} = 3,07$$

$$\begin{aligned} \rho_\delta &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,07}{400}} \right) \\ &= 0,00812 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi f_y (d - d') b d} \\ &= \frac{14412 \times 10^4}{0,8 \times 400 \times (442 - 58) \times 300 \times 442} \\ &= 0,008845 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_\delta + \rho' \\ &= 0,00812 + 0,008845 \\ &= 0,017 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, \text{ dipakai } \rho = 0,017$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,017 \times 300 \times 442 \\ &= 2254,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan Lentur 12 D 16 dikonversi 6 D 22

$$A_{s_{pasang}} = 2280.80 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 2254.2 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

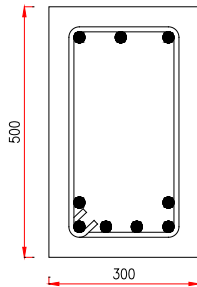
$$A_{s'} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0.008845 \times 300 \times 442$$

$$= 1172 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur 3 D 22

$$A_{s'_{pasang}} = 1140.40 \text{ mm}^2 > A_{s'_{perlu}} = 1172 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$



Gambar 4.21 Detail penulangan balok penumpu lapangan

d. Penulangan Geser

1. Daerah tumpuan :

$$V_u = 14976.72 \text{ kg} = 149767,2 \text{ N}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 40 - 10 - (0,5 \times 22) = 439 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = (1/6) \times \sqrt{35} \times 300 \times 439 \\ &= 129857.95 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 129857.95 = 77914.77 \text{ N}$$

$$0.5 \times \phi V_c = 0,5 \times 77914.77 \text{ N} = 38957.40 \text{ N}$$

$$\phi V_{s_{min}} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 300 \times 439 = 26340 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} &\{ \phi V_c + \phi (1/3) \sqrt{f'_c} b_w d \} \\ &= 77914.77 \text{ N} + (0,6 \times (1/3) \times \sqrt{35} \times 300 \times 439 \\ &= 233744.31 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad \{ \phi V_c + \phi (2/3) \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \} &= 77914.77 + 311659.08 \text{ N} \\ &= 389573.85 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi pereencanaan geser (SNI 03 – 2847 – 2013 Ps. 11.4.6.1)

$$1. V_u \leq 0,5 \times \phi V_c$$

$$149767,2 \text{ N} > 38957.40 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$2. 0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$38957.40 \text{ N} < 149767,2 \text{ N} > 77914.77 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$3. \phi V_c \leq V_u \leq (\phi V_c + \phi V_s \text{ min})$$

$$77914.77 \text{ N} < 149767,2 \text{ N} > 104254,77 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$4. (\phi V_c + \phi V_s \text{ min}) \leq V_u \leq (\phi V_c + \phi \frac{1}{3} x \sqrt{f'_c} b_w x d)$$

$$104254,77 \text{ N} < 149767,2 \text{ N} < 233744,31 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi, termasuk kondisi 4 :

Harus disediakan tulangan geser.

maka dalam SNI 03-2847-2013 pasal 13.4.7.1, perlu dipasang tulangan geser :

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{149767,2}{0,6} - 129857.95 = 119754.05 \text{ N}$$

$$A_v = 3 D10 = 235 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{235 \times 240 \times 439}{119754.05} = 206.75 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat: } S \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \leq 439/2 = 219.5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Pasang tulangan sengkang 3D10 – 150 mm

2. Daerah Lapangan

$$V_{uLap} = \frac{V_u x (0,5.L_n - 0,25L_n)}{0,5.L_n} = \frac{149767,2 \times (0,5 \times 4,7 - 0,25 \times 4,7)}{0,5 \times 4,7}$$

$$= 74883,6 \text{ N}$$

Cek kondisi pereancangan geser (SNI 03 – 2847 – 2013 Ps. 11.4.6.1)

$$1. V_u \leq 0,5 \times \phi V_c$$

$$74883,6 \text{ N} > 38957,40 \text{ N} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$2. 0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$38957,40 \text{ N} < 74883,6 \text{ N} < 78447,22 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$

$$3. \phi V_c \leq V_u \leq (\phi V_c + \phi V_s \text{ min})$$

$$4. (\phi V_c + \phi V_s \text{ min}) \leq V_u \leq (\phi V_c + \phi \frac{1}{3} x \sqrt{f'_c} x b_w x d)$$

Jadi, termasuk kondisi 2 :

Harus disediakan tulangan geser.

Jadi balok perlu tulangan geser minimum.

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$= 1/3 \times 300 \times 439 = 43900 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = 2/3 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{35} \times 300 \times 439 = 519431,805 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \frac{1}{4} \pi 10^2 = 226,20 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 240 \times 340}{43900} = 291 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat: } S \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S \leq 439/2 = 219,5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Pasang tulangan sengkang D10 – 200 mm

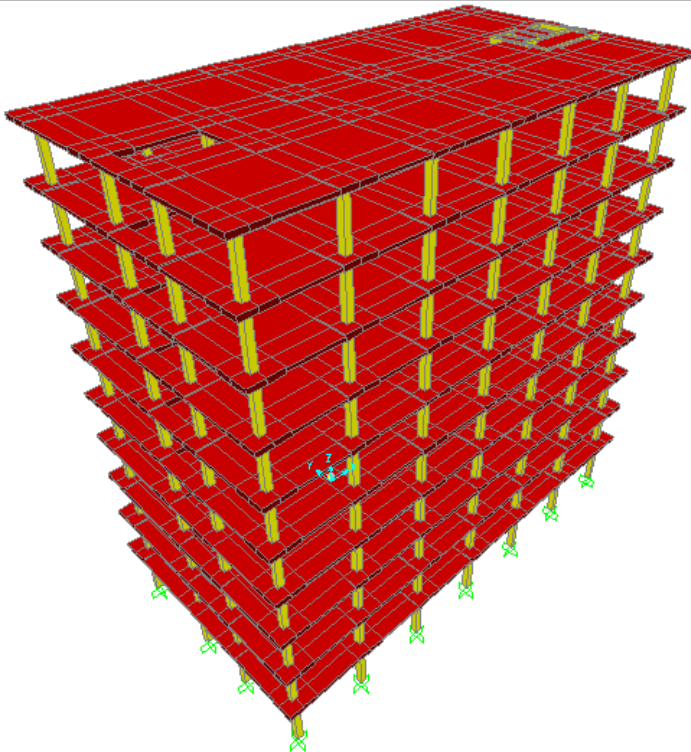
4.4. Pembebanan dan Analisa Struktur

Sebelum melakukan analisis struktur *flat slab structure* dengan program bantu analisis struktur berbasis elemen hingga seperti SAP2000, perlu dilakukan perhitungan beban yang hasilnya akan digunakan sebagai data input ke program tersebut. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, beban angin (diabaikan) dan beban gempa.

Pada sub bab ini akan dilakukan analisa struktur *flat slab structure*, dengan analisa gempa dinamik respons spectrum, yang akan dibahas pada sub bab selanjutnya.

4.4.1 Pemodelan Struktur

Struktur utama dianalisa dengan menggunakan bantuan software SAP 2000. Dimana sistem struktur dari *flat slab* dan kolom dimodelkan sebagai portal terbuka (open frame) dengan perletakan jepit pada dasar kolom. Sedangkan perencanaan terhadap gempa akan dianalisa dengan Analisis beban statik ekuivalen.



Gambar 4.22 Permodelan 3D Struktur *flat slab* pada Gedung Modisfikasi Hotel PKPRI Trunojoyo Kota Sampang pada program SAP 2000 v14

4.4.2 Pembebanan

Struktur utama dibebani oleh beban hidup dan beban mati yang berasal dari lantai, *flat slab*, beban struktur sendiri dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup dikelompokkan di dalam beban gravitasi yang dipikul oleh *flat slab*. Sedangkan untuk beban gempa termasuk dalam beban horizontal yang diterima oleh kolom pada masing – masing tingkat yang kemudian diteruskan ke pondasi.

Kombinasi Pembebanan menurut SNI 03-2847-2013 Ps.9 adalah sebagai berikut:

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 D + 1,6 L
- 3) 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E
- 4) 0,9 D \pm 1,0 E

Untuk beban gempa E terdiri dari 2 macam arah beban, yaitu arah x dan arah y. Sesuai dengan SNI 03-1726-2012. Ps.7.5, kombinasi pembebanan gempa yang di gunakan menjadi:

1. $1.2D + 1.0L + 1.0E_x + 0.3E_y$
2. $1.2D + 1.0L + 1.0E_y + 0.3E_x$
3. $0.9D + 1.0E_x + 0.3E_y$
4. $0.9D + 1.0E_x + 0.3E_y$

Untuk penjelasan yang lebih detail mengenai pembebanan gempa diatas, bisa dilihat di pasal 8.3.2.

Selain kombinasi-kombinasi diatas, digunakan juga kombinasi $1.0D + 0.3L$ untuk menghitung berat total dari struktur gedung yang direncanakan, dan dibandingkan dengan hasil perhitungan manual.

4.4.3 Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban – beban yang bekerja searah dengan gravitasi bumi. Beban gravitasi yang diterima struktur ini terdiri dari beban mati dan beban hidup. Beban mati *flat slab* berasal dari berat sendiri *flat slab*. Pembagian pembebanan pada flat slab merupakan beban area yang kemudian diequivalensikan menjadi beban merata yang diterima oleh kolom.

4.4.3.1 Beban Mati

Beban mati merupakan beban permanen yang bekerja selama umur bangunan, seperti berat sendiri, berat komponen non struktur. Semua beban tersebut sebenarnya adalah gaya gravitasi dan biasa disebut dengan beban gravitasi.

4.4.3.2 Beban Hidup

Beban hidup juga merupakan beban gravitasi, tetapi tidak bersifat permanen seperti beban mati. Beban jenis ini kemungkinan akan bekerja pada struktur pada saat – saat tertentu saja selama umur bangunan atau dapat pula bekerja selama umur bangunan dan lokasinya tidak tetap. Beban hidup ini antara lain : beban perabotan, penghuni sendiri (manusia) dan lain – lainnya.

4.4.4 Perhitungan Pembebanan Vertikal

Pembebanan vertikal struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus hanya diterima oleh frame saja, dimana lokasi pembebanannya memakai system tributary. Selanjutnya beban yang bekerja pada pelat (*flat slab*) dianalisa langsung memakai program SAP 2000.

Adapun besarnya beban – beban tersebut adalah :
Beban pelat lantai Pembebanan pelat direncanakan sesuai peraturan PPIUG 1983 , sebagai berikut :

1. Beban pelat lantai 2 s/d lantai 9

a. Beban mati (DL)

Berat sendiri (define load, DEAD sebesar 1 pada SAP)

$$\text{Spesi} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung + plafon} = 7 + 11 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting dan plumbing} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Partisi} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban mati} = 149 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup lantai 2 s/d 9} = 250 \text{ kg/m}^2$$

c. Beban pasangan dinding di distribusikan menjadi beban merata karena pada struktur tidak memakai elemen struktur balok, berikut perhitungannya :

$$\text{Pas dinding } \frac{1}{2} \text{ bata} = (6 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 \times (3.2 \text{ m} - 0.2 \text{ m})) / (4 \text{ m} \times 5 \text{ m}) = 225 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Pelat Atap

a. Beban mati (DL) Plat lantai

Berat sendiri (define load, DEAD sebesar 1 pada SAP)

Spesi	=	1 x 21	=	21	kg/m ²
Aspal	=	1 x 14	=	14	kg/m ²
Penggantung + plafon	=	7+11	=	18	kg/m ²
Ducting & plumbing			=	25	kg/m ² +
Total beban mati			=	78	kg/m ²

b. Beban Hidup (LL)

Beban hidup plat lantai 10/atap = 100 kg/m²

4.4.5 Perhitungan Pembebanan Horisontal

Gaya – gaya horizontal ini disebabkan oleh adanya gempa, selanjutnya gaya – gaya horizontal ini semuanya dibebankan pada kolom.

4.4.6 Perhitungan Berat Total Gedung

Berat gedung merupakan berat total beban mati akibat berat sendiri gedung dan beban hidup yang direduksi sebesar 30% (factor reduksi beban hidup untuk peninjauan gempa gedung perumahan/penghunian, PPIUG 1983)

4.4.6.1 Beban Mati

Tabel 4.1 Berat bangunan L. 10 (Atap)

Beban	Berat Jenis Kg/m2	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah (bh)	Jumlah (kg)
Pelat	2400	3.1	4.1	0.15	6	27,453.60
	2400	1.9	3.1	0.15	22	46,648.80
	2400	3.2	3.2	0.15	6	22,118.40
	2400	3.1	2.1	0.15	4	9,374.40
	2400	4.1	1.9	0.15	7	19,630.80
	2400	3.1	1.9	0.15	7	14,842.80
	2400	2.1	1.9	0.15	4	5,745.60
	2400	2.1	0.95	0.15	1	718.20
	2400	3.4	0.8	0.15	2	1,958.40
	2400	4.4	0.8	0.15	2	2,534.40
Drop Panel	2400	3.7	1.85	0.12	1	1,971.36
	2400	1.9	1.9	0.27	24	56,142.72
Balok	2400	1.25	1.25	0.27	4	4,050.00
	2400	4.4	0.3	0.6	2	3,801.60
	2400	3.7	0.3	0.6	2	3,196.80
	2400	3.7	0.2	0.4	2	1,420.80
Kolom	2400	2.93	0.7	0.7	28	96,479.04
Spesi	21	530.46				11,139.66
Aspal	14	530.46				7,426.44
Plafond	18	530.46				9,548.28
Ducting	25	530.46				13,261.50
TOTAL						359,463.60

Tabel 4.2 Berat bangunan L. 2-9

Beban	Berat Jenis	Panjang	Lebar	Tinggi	Jumlah	Jumlah
	Kg/m2	(m)	(m)	(m)	(bh)	(kg)
Pelat	2400	3.1	4.1	0.2	6	36,604.80
	2400	1.9	3.1	0.2	22	62,198.40
	2400	3.2	3.2	0.2	6	29,491.20
	2400	3.1	2.1	0.2	4	12,499.20
	2400	4.1	1.9	0.2	7	26,174.40
	2400	3.1	1.9	0.2	7	19,790.40
	2400	2.1	1.9	0.2	4	7,660.80
	2400	2.1	0.95	0.2	1	957.60
	2400	3.4	0.8	0.2	2	2,611.20
	2400	4.4	0.8	0.2	2	3,379.20
	2400	3.7	1.85	0.12	1	1,971.36
Drop Panel	2400	1.9	1.9	0.32	24	66,539.52
	2400	1.25	1.25	0.32	4	4,800.00
Pas Dinding	250	5		3	54	202,500.00
	250	5		3	7	26,250.00
	250	4		3	7	21,000.00
	250	2		3	2	3,000.00
	250	4		3	7	21,000.00
Balok	2400	4.4	0.3	0.6	2	3,801.60
	2400	3.7	0.3	0.6	2	3,196.80
	2400	3.7	0.2	0.4	2	1,420.80
Kolom	2400	2.88	0.7	0.7	28	94,832.64
Tangga	2400	3	1.15	0.22	2	3,643.20
	2400	2.1	1.15	0.15	1	869.40
Spesi	21	530.46				11,139.66
Aspal	14	530.46				7,426.44
Plafond	18	530.46				9,548.28
Ducting	25	530.46				13,261.50
Partisi	40	530.46				21,218.40
TOTAL						718,786.80

Tabel 4.3 Berat bangunan L. 1

Beban	Berat Jenis Kg/m ²	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah (bh)	Jumlah (kg)
Pelat	2400	3.1	4.1	0.2	6	36,604.80
	2400	1.9	3.1	0.2	22	62,198.40
	2400	3.2	3.2	0.2	6	29,491.20
	2400	3.1	2.1	0.2	4	12,499.20
	2400	4.1	1.9	0.2	7	26,174.40
	2400	3.1	1.9	0.2	7	19,790.40
	2400	2.1	1.9	0.2	4	7,660.80
	2400	2.1	0.95	0.2	1	957.60
	2400	3.4	0.8	0.2	2	2,611.20
	2400	4.4	0.8	0.2	2	3,379.20
	2400	3.7	1.85	0.12	1	1,971.36
	2400	1.9	1.9	0.32	24	66,539.52
	2400	1.25	1.25	0.32	4	4,800.00
	250	5		3	54	202,500.00
	250	5		3	7	26,250.00
	250	4		3	7	21,000.00
	250	2		3	2	3,000.00
	250	4		3	7	21,000.00
Balok	2400	4.4	0.3	0.6	2	3,801.60
	2400	3.7	0.3	0.6	2	3,196.80
	2400	3.7	0.2	0.4	2	1,420.80
Kolom	2400	3.68	0.7	0.7	28	121,175.04
Tangga	2400	3	1.15	0.22	2	3,643.20
	2400	2.1	1.15	0.15	1	869.40
Spesi	21	530.46				11,139.66
Aspal	14	530.46				7,426.44
Plafond	18	530.46				9,548.28
Ducting	25	530.46				13,261.50
Partisi	40	530.46				21,218.40
TOTAL						745,129.20

4.4.6.2 Beban Hidup

Faktor reduksi beban hidup untuk peninjauan beban gempa adalah 0,3

Berat Hidup Atap

$$\begin{aligned}
 W_{\text{hidup total atap}} &= q \times \text{koefisien reduksi} \times \text{luas total pelat atap} \\
 &= (100 \text{ kg/m}^2 \times 0,30 \times (16,9 \times 31,9) \text{ m}^2) \\
 &= 16173,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat Hidup Lantai 1 s/d 9

$$\begin{aligned}
 W_{\text{hidup total atap}} &= q \times \text{koefisien reduksi} \times \text{luas total pelat atap} \\
 &= (250 \text{ kg/m}^2 \times 0,30 \times (16,9 \times 31,9) \text{ m}^2) \\
 &= 40433,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Berat Total Bangunan

Lantai	Beban Mati	Beban Hidup	Jumlah
	(kg)	(kg)	(kg)
10 (atap)	359,463.60	16,173.30	375,636.90
9	718,786.80	40,433.25	759,220.05
8	718,786.80	40,433.25	759,220.05
7	718,786.80	40,433.25	759,220.05
6	718,786.80	40,433.25	759,220.05
5	718,786.80	40,433.25	759,220.05
4	718,786.80	40,433.25	759,220.05
3	718,786.80	40,433.25	759,220.05
2	718,786.80	40,433.25	759,220.05
1	745,129.20	40,433.25	785,562.45
Total			7,234,959.75

4.4.7 Analisa Beban Gempa Dinamis

Pembebanan gempa secara dinamis menggunakan bantuan program SAP 2000 v.14.2 dengan analisa dinamis *respons spektrum*. Sebelumnya dilakukan permodelan 3D struktur terlebih dahulu. Permodelan struktur tersebut dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

1. Pertimbangan adanya retak sepanjang bentang komponen, maka komponen struktur di reduksi ,momen inersianya menjadi :
 - Untuk Balok $T = 2 \times 0,35 I_g = 0,7 I_g$
 - Untuk Kolom Persegi $= 0,7 I_g$
 - Untuk Pelat $= 0,25 I_g$
 (berdasarkan SNI 03-2847-2013 ps.10.10.4.1)

Parameter – parameter lain yang digunakan dalam permodelan struktur pada program bantu SAP 2000 v14.2 dijelaskan dibawah ini:

4.4.7.1 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Menurut SNI -03-1726-2012 ps 7.3.1 bahwa lantai tingkat atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan karenanya dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa periodical.

Menurut SNI -3-1726-2012 ps.7.3.2 bahwa syarat lantai beton dapat dianggap sebagai diafragma adalah tidak boleh ada lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh tingkat. Karena pada tugas akhir ini tidak ada bukaan yang melebihi 50% luas seluruh, maka lantai-lantai beton pada gedung ini dapat dianggap sebagai diafragma.

4.4.7.2 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan arah y secara bolak balik dan periodical menurut SNI 03-1726-2012 ps 7.5, untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektif 30%.

- Gempa Respon Spektrum X
100% efektifitas untuk arah X dan 30% untuk arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% untuk arah X

4.4.7.3 Respo Spektrum Rencana

Menurut SNI 03-1726-2012 ps. 7.9.1 menyatakan bahwa analisis Repons Spektrum Gempa Rencana, nilai ordinatnya harus dikalikan dengan I/R. Lalu karena nilai C dinyatakan dengan percepatan gravitasi, maka nilai C harus dikalikan faktor pengali percepatan gravitasi sebesar 9.81 m/s.

4.4.8 Perhitungan Beban Gempa

Beban gempa yang diterima oleh gedung dihitung berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yakni SNI-1726-2012.

1) Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2 tabel 1)

Gedung yang direncanakan masuk dalam jenis gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, yaitu pada **Kategori Resiko III**.

2) Menentukan Faktor Keutamaan (SNI-1726-2012 Ps 4.1.2)

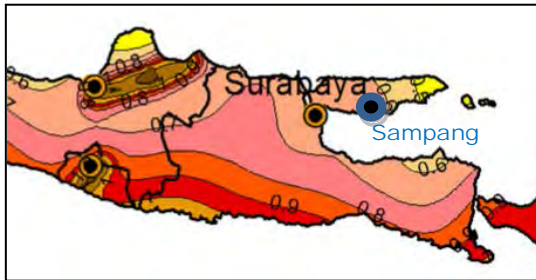
Tabel 4.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

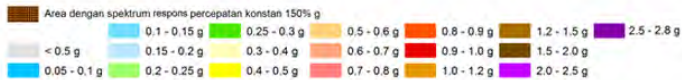
Berdasarkan Tabel 5.8 Faktor Keutamaan Gempa, gedung pada kategori Resiko III memiliki Faktor Keutamaan Gempa (I_e) sebesar **1,25**.

3) Menentukan Parameter Percepatan Tanah (S_s , S_1) (SNI-1726-2012 Pasal 6.1.2)

Parameter yang digunakan adalah S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) yang harus ditetapkan masing-masing dari respon spektral percepatan 0.2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik (MCE_R) kemungkinan 20% terlampaui dalam 50 tahun.

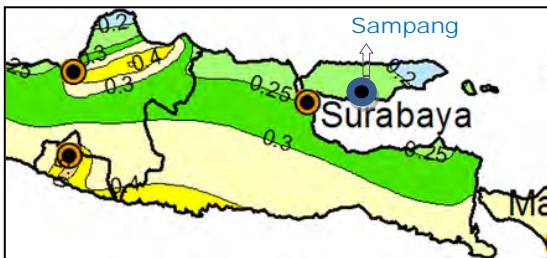


KETERANGAN (S_S , MCE_R):

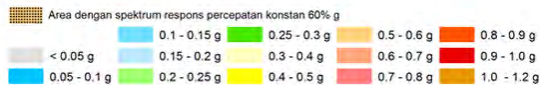


Gambar 4.23 Peta MCE_R-S_S ($T=0.2$ s) Kota Sampang
(Sumber : <http://puskim.pu.go.id/>)

Sehingga, Respons Spektra Percepatan Gempa, Kota Sampang pada 0,2 detik, $S_s = 0,651g$



KETERANGAN (S_1 , MCE_R):



Gambar 4.24 Peta MCE_R-S_1 ($T = 1$ s) Kota Sampang
(Sumber : <http://puskim.pu.go.id/>)

Sehingga, Respons Spektral Percepatan Gempa, Kota Sampang pada 1,0 detik, $S_1 = 0,228g$

4) Menentukan Klasifikasi Situs (SA-SF) (SNI-1726-2012 Pasal 5.3)

Lokasi tempat dibangunnya gedung masuk dalam kondisi SD (tanah sedang)

Tabel 4.6 Perhitungan tahanan standar lapangan rata-rata

Lapis	Nilai SPT	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	ΣN	Nilai rata-rata $30/\Sigma N$
0	0	0	0	0	1.28	23.44
1	0	1	1	0		
2	16	4	3	0.19		
3	7	7	3	0.43		
4	15	10	3	0.20		
5	25	13	3	0.12		
6	43	16	3	0.07		
7	45	19	3	0.07		
8	59	22	3	0.05		
9	60	25	3	0.05		
10	60	28	3	0.05		
11	60	30	2	0.05		

Nilai tahanan standar di dapat nilai $\bar{N} = 23.44 > 15$, maka termasuk kelas situs SD (tanah sedang) dalam tabel 6.7..

Tabel 4.7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{N} dan \bar{N}_{ch}
SA (Batuan Keras)	N/A
SB (Batuan)	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	>50
SD (Tanah Sedang)	15 sampai 50
SE (Tanah Lunak)	

5) Menentukan faktor Koefisien Situs (F_a , F_v) (SNI-1726-2012 Pasal 6.2)

Berdasarkan nilai $S_s = 0,651$ dan kelas situs SD, maka dengan interpolasi didapat nilai F_a .

Tabel 4.8 Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0.2 detik, S _s				
	S _s ≤0.25	S _s =0.5	S _s =0.75	S _s =1.0	S _s ≥1.25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SSb				

$$F_a = 1.2 + \frac{(0.651 - 0.75)}{(0.5 - 0.75)} \times (1.4 - 1.2) = 1.279$$

Berdasarkan nilai $S_1 = 0,228$ dan kelas situs SD, maka dengan interpolasi didapat nilai F_v .

Tabel 4.9 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0.2 detik, S _s				
	S ₁ ≤0.1	S ₁ =0.2	S ₁ =0.3	S ₁ =0.4	S ₁ ≥0.5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SSb				

$$F_v = 1.8 + \frac{(0.228 - 0.3)}{(0.2 - 0.3)} \times (2 - 1.8) = 1.944$$

Parameter spectrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,279 \cdot 0,651 = 0,833$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 1,944 \cdot 0,228 = 0,444$$

6) Menghitung parameter percepatan desain (SD_s , SD_1) (SNI-1726-2012 Pasal 6.3)

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek (S_{DS}), dan pada periode 1 detik (S_{D1}) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS} = 2/3 \cdot 0,833 = 0,555$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1} = 2/3 \cdot 0,444 = 0,296$$

7) Menentukan Kategori Desain Seismik-KDS (A - F) (SNI-1726-2012 Pasal 6.5)

Tabel 4.10 Kategori Desain berdasar S_{DS}

Nilai SD_s	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_s < 0.167$	A	A
$0.167 \leq SD_s < 0.33$	B	C
$0.33 \leq SD_s < 0.50$	C	D
$0.50 \leq SD_s$	D	D

$S_{DS} = 0,555$, sehingga termasuk kategori resiko D

Tabel 4.11 Kategori Desain berdasar S_{D1}

Nilai SD_1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_1 < 0.167$	A	A
$0.067 \leq SD_1 < 0.133$	B	C
$0.133 \leq SD_1 < 0.20$	C	D
$0.20 \leq SD_1$	D	D

$S_{D1} = 0,296$, sehingga termasuk kategori resiko D

Jika kategori risiko yang didapat berbeda, maka diambil yang paling berat dari keduanya.

8) Memilih sistem dan parameter struktur (R , C_d , Ω_0)
Tabel 4.12 Sistem Penahan Gaya Seismik

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R^a	Faktor Kuat- lebih Sistem, Ω_0^g	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasa Tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	51/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	51/2	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	41/2	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	31/2	3	3	TB	TB	TB	TB	TB
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	51/2	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	41/2	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	21/2	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen	8	3	51/2	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen	5	3	41/2	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial	6	3	51/2	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen	3	3	21/2	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka canai dingin pemikul momen khusus dengan	31/2	3 ⁰	31/2	10	10	10	10	10

Berdasar tabel diatas, didapat :

$$\begin{aligned} R &= 8 \\ C_d &= 5 \frac{1}{2} \\ \Omega_o &= 3 \end{aligned}$$

9) Merencanakan Respon Spektrum (SNI-1726-2012 Pasal 6.4)

Kurva respon spectrum harus mengikuti ketentuan di bawah ini :

Untuk perioda yang lebih kecil T_0 , spectrum respon percepatan desain (S_a), harus di desain dengan persamaan :

$$\begin{aligned} T_0 &= \frac{0.2xS_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.2x0.296}{0.555} = 0.107 \text{ detik} \\ T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.296}{0.555} = 0.533 \text{ detik} \end{aligned}$$

Pada $T=0$ detik, didapat :

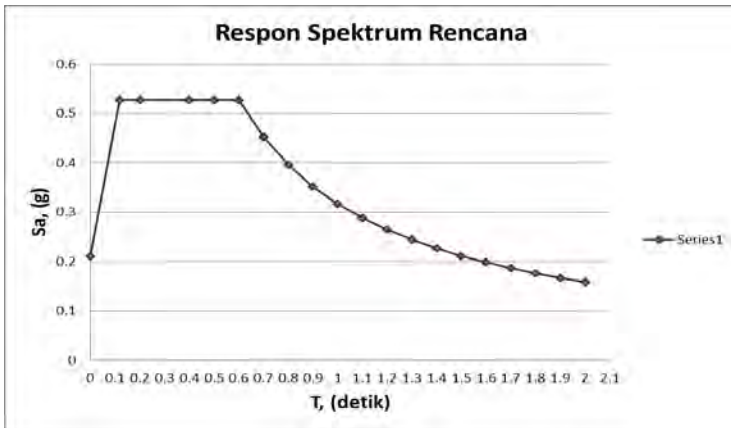
$$S_a = S_{DS}x(0.4 + 0.6\frac{T}{T_0}) = 0.555x(0.4 + 0.6\frac{0}{0.107}) = 0.222$$

Untuk perioda lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respon percepatan desain (S_a) sama dengan S_{DS} .

$$S_a = 0.555$$

Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respon percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0.296}{T}$$



Gambar 4.25 Respon Spektrum Rencana.

Nilai spectrum respons tersebut harus dikalikan dengan suatu factor skala (*scale factor*) yang besarnya (SF) = $g \times I_e / R$

keterangan : g = percepatan grafitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

I_e = faktor keutamaan gempa berdasarkan kategori resiko gempa (1,25) SNI 1726:2012 Tabel 2

R = koefisien modifikasi respons (SRPMK = 8 Tabel 9 SNI 1726:2012)

Karena dua arah yaitu arah x,y maka beban didistribusikan 100% kearah x dan 30% kearah y jika ditinjau dari sumbu x dan sebaliknya.

Untuk 100% dari beban gempa :

$$\begin{aligned} \text{Skala faktor 100\%} &= 100\% \times g \times I_e / R \\ &= 1 \times 9,81 \times 1,25 / 8 = 1,53 \end{aligned}$$

Untuk 30% dari beban gempa :

$$\begin{aligned} \text{Skala faktor 30\%} &= 30\% \times g \times I_e / R \\ &= 0,3 \times 9,81 \times 1,25 \\ &= 0,46 \end{aligned}$$

Nilai redaman untuk struktur beton diambil, *Damping* = 0,05.

Dari hasil analisa struktur menggunakan SAP 2000 v.14.1.1 didapat nilai T (Periode Getar Fundamental Struktur) = 3,44 detik.

Tabel 4.13 Nilai Periode dan Frekuensi

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	3.442407	0.29049
MODAL	Mode	2	3.323778	0.30086
MODAL	Mode	3	2.839358	0.35219
MODAL	Mode	4	1.001571	0.99843
MODAL	Mode	5	0.975677	1.0249
MODAL	Mode	6	0.849377	1.1773
MODAL	Mode	7	0.485608	2.0593
MODAL	Mode	8	0.478928	2.088
MODAL	Mode	9	0.428074	2.336
MODAL	Mode	10	0.281407	3.5536
MODAL	Mode	11	0.279393	3.5792
MODAL	Mode	12	0.254572	3.9282

10) Menentukan Perkiraan Periode Alami Fundamental. (SNI-1726-2012 Pasal 7.8.2)

Periode fundamental perkiraan dihitung dengan menentukan nilai C_t dan x terlebih dahulu yang terdapat pada Tabel 3.12 atau SNI 1726:2012 tabel 15 . Selanjutnya nilai T_a dapat dicari dengan Persamaan (3-8) atau SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1 persamaan (26).

Untuk SRPMK beton didapat nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$.
 $T_a = C_t \cdot h_n x = 0.0466 \times 32.8^{0.9} = 1.078 \text{ dt}$

Tabel 4.14 Nilai Parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Menghitung Batas Atas Periode Struktur**Tabel 4.15** Koefisien batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik , S_{D1}	Koefisien C_w
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

$$C_w = 1.4 + \frac{(0.296 - 0.3)}{(0.2 - 0.3)} x (1.5 - 1.4) = 1.444$$

$$S_{D1} = 0,296 \text{ maka : } C_u = 1,444$$

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &< T_a \cdot C_u \\
 &< 1,078 \cdot 1,444 \\
 &< 1,5566 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa program bantu SAP 2000 maka didapat $T_c = 3,44$ detik, $T_a = 1,078$ dan $C_u \times T_a = 1.5566$ detik, karena $T_c > C_u \times T_a$ maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah **$T = 1,557$ detik.**

11) Perhitungan Seismik Base Shear (V)

Diketahui :

$$S_{DS} = 0,555$$

$$S_{D1} = 0,296$$

$$R = 8$$

$$I_e = 1,25$$

$$T = 1,557 \text{ detik}$$

Seismik Base Shear (V), dihitung berdasarkan persamaan :

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana :

C_s = Koefisien response seismik

W = Berat seismic efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.555}{\left(\frac{8}{1.25}\right)} = 0.08672$$

$$C_{s, \max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.228}{1.5566 \left(\frac{8}{1.25}\right)} = 0.02375$$

$$C_{s \min 1} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I = 0,044 \cdot 0,555 \cdot 1,25 = 0,0305$$

$$C_{s \min} \geq 0,01$$

$$0.0305 \geq 0,01 \quad (\text{OK})$$

Nilai C_s tidak boleh lebih besar dari $C_{s \max}$ dan tidak boleh lebih kecil dari $C_{s \min}$

$$C_{s \min} < C_s < C_{s \max}$$

$$0.0305 < 0.08672 > 0.02375$$

Maka digunakan $C_s = 0.02375$

$$V = C_s \cdot W$$

$$= 0.02375 \times 7.234.959,75 \text{ Kg}$$

$$= 171.830,29 \text{ Kg}$$

12) Distribusi Vertikal Gaya Gempa

$$F_X = C_{VX} \cdot V$$

dan

$$C_{VX} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_x \cdot h_x^k}$$

Dimana :

C_{VX} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur

w_i, w_x = berat seismic efektif struktur pada tingkat i atau x

h_i, h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait periode struktur

$T \leq 0,5$ detik, $k=1$

$T \geq 2,5$ detik, $k=2$

periode antara 0,5 dan 2,5 ditetapkan dengan interpolasi linier

$T = 1,509$ detik, maka k adalah sebagai berikut

$$k = 1 + \left(\frac{1.509}{2.5 - 0.5} \times 1 \right) = 1.5045$$

Perhitungan besarnya distribusi beban geser akibat gempa disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.16 Besar Gaya F_x pada masing-masing lantai

Lantai	w_i (kg)	h_i (m)	k	$w_i * h_i$ kg.m	C_v kg.m	F_i (kg)	V_i kg
10 (atap)	375,636.90	32.80	1.50	12,320,890.32	0.097	16,641.23	16,641.23
9	759,220.05	29.60	1.50	22,472,913.48	0.177	30,353.07	46,994.29
8	759,220.05	26.40	1.50	20,043,409.32	0.158	27,071.65	74,065.95
7	759,220.05	23.20	1.50	17,613,905.16	0.138	23,790.24	97,856.19
6	759,220.05	20.00	1.50	15,184,401.00	0.119	20,508.83	118,365.02
5	759,220.05	16.80	1.50	12,754,896.84	0.100	17,227.42	135,592.44
4	759,220.05	13.60	1.50	10,325,392.68	0.081	13,946.00	149,538.44
3	759,220.05	10.40	1.50	7,895,888.52	0.062	10,664.59	160,203.03
2	759,220.05	7.20	1.50	5,466,384.36	0.043	7,383.18	167,586.21
1	785,562.45	4.00	1.50	3,142,249.80	0.025	4,244.08	171,830.29
Σ	7,234,959.75			127,220,331.48		171,830.29	

(Sumber : Penulis)

4.4.9 Kontrol Hasil Analisis Struktur

Sesuai peraturan SNI 03-1726-2012, maka hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun control yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- Kontrol Partisipasi massa
- Kontrol Nilai akhir Respon Spektrum
- Kontrol Simpangan (Drift)

4.4.9.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 03-1726-2012. ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%. Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP2000 v.14 untuk mengeluarkan output partisipasi massa seperti pada tabel berikut :

Tabel 4. 17 Ratio Partisipasi Massa

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
	Sec	%	%	%	%	%	%
1	3.4424	0.573	69.400	0.0000	0.57	69.40	0.0000
2	3.3238	76.400	0.728	0.0000	76.90	70.10	0.0000
3	2.8394	0.193	6.800	0.0000	77.10	76.90	0.0000
4	1.0016	0.130	10.700	0.0000	77.30	87.60	0.0000
5	0.9757	11.400	0.160	0.0000	88.70	87.80	0.0000
6	0.8494	0.037	0.854	0.0000	88.70	88.60	0.0000
7	0.4856	0.123	4.700	0.0000	88.80	93.30	0.0001
8	0.4789	4.900	0.142	0.0000	93.70	93.50	0.0001
9	0.4281	0.025	0.233	0.0000	93.80	93.70	0.0001
10	0.2814	0.098	2.600	0.0003	93.90	96.30	0.0004
11	0.2794	2.600	0.109	0.0000	96.50	96.40	0.0004
12	0.2546	0.020	0.054	0.0002	96.50	96.50	0.0006

Sehingga dari tabel di atas menunjukkan bahwa dengan 7 dan 8 mode sudah mampu memenuhi syarat partisipasi massa sesuai SNI 03-1726-2012. ps 7.9.1.

4.4.9.2 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Ps. 7.9.4, nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan sebagai $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$

Maka dari base reactions gempa dinamik (respon spektrum), hasil analisis struktur menggunakan program SAP2000 v.14 didapat :

Tabel 4.18 Base Shear Respon Spektrum

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
RSX	LinRespSpec	Max	130149.94	36456.48
RSY	LinRespSpec	Max	39402.87	120229.42

$$V_{\text{STATIK}} = 171.830.29 \text{ Kg}$$

Kontrol nilai akhir respon spektrum :

$$V_{\text{RSX}} = 130.149,94 \text{ kg} \geq 0,85 V_{\text{statikX}} = 146.055.75 \text{ kg} \text{ **Tidak OK**}$$

$$V_{\text{RSY}} = 120.229.42 \text{ kg} \geq 0,85 V_{\text{statikX}} = 146.055.75 \text{ kg} \text{ **Tidak OK**}$$

Karena arah x dan arah y tidak memenuhi persyaratan, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur hasil analisis harus dikali faktor skala $0.85 V_{\text{STATIK}}/V_{\text{EX/EY}}$.

$$\text{Arah x : } 0.85 V_{\text{STATIK}}/V_{\text{RSX}} = 146.055.75/ 130.149,94 = 1.123$$

$$\text{Arah y : } 0.85 V_{\text{STATIK}}/V_{\text{RSY}} = 146.055.75/ 120.229.42 = 1.215$$

Adapun Setelah dikalikan dengan factor skala, maka didapatkan hasil :

$$\text{Arah x : } V_{\text{RSX}} \geq 0.85 V_{\text{STATIK}}$$

$$130.149,94 \text{ kg} \times 1.123 \geq 146.055.75 \text{ kg}$$

$$146.158,38 \text{ kg} \geq 146.055.75 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{ **OK**}$$

$$\text{Arah y : } V_{\text{RSY}} \geq 0.85 V_{\text{STATIK}}$$

$$120.229.42 \text{ kg} \times 1.215 \geq 146.055.75 \text{ kg}$$

$$146.078.75 \text{ kg} \geq 146.055.75 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{ **OK**}$$

Dari kontrol nilai akhir respon spectrum didapatkan nilai *base shear* dari hasil analisa dinamis lebih besar dari $0.85 V$ Sehingga nilai akhir respon spektrum memenuhi persyaratan SNI 03–1726–2012 Ps. 7.9.4.

4.4.9.3 Kontrol Simpangan (Drift)

Berasarkan SNI 1726 2012 Ps 7.8.6, untuk kontrol drift, dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana :

δ_x = defleksi pada lantai ke-x

C_d = factor pembesaran defleksi = 5.5

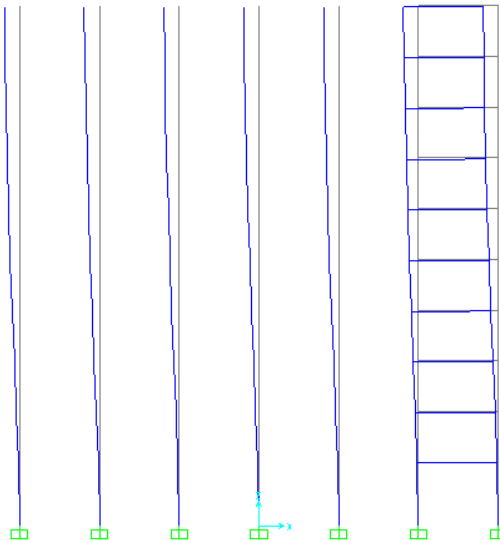
I_e = faktor keutamaan gedung = 1,25

Berdasarkan Pasal SNI 03-1726-2012 tabel 16, untuk semua struktur lainnya dengan kategori resiko III, drift dibatasi sebesar :

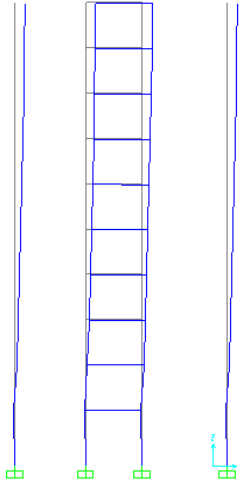
$$\begin{aligned}\Delta &= 0,015 \cdot h_{sx} \\ &= 0,015 \cdot 4000 \\ &= 60,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dimana :

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x



Gambar 4. 26 Simpangan Struktur Arah X



Gambar 4. 27 Simpangan Struktur Arah Y

Kontrol terhadap simpangan struktur dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.19 Kontrol terhadap simpangan akibat beban gempa arah sumbu x

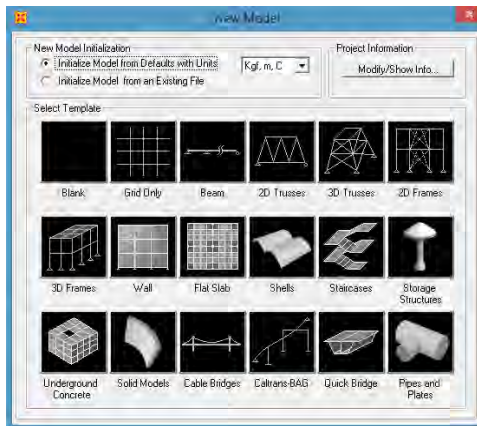
Lantai	h_i (m)	δ_{ex} (mm)	δ_x (mm)	Drift (Δs) (mm)	Syarat Drift mm	Ket
10	32.80	18.00	79.20	4.40	60.00	OK
9	29.60	17.00	74.80	4.40	60.00	OK
8	26.40	16.00	70.40	8.80	60.00	OK
7	23.20	14.00	61.60	8.80	60.00	OK
6	20.00	12.00	52.80	8.80	60.00	OK
5	16.80	10.00	44.00	8.80	60.00	OK
4	13.60	8.00	35.20	13.20	60.00	OK
3	10.40	5.00	22.00	8.80	60.00	OK
2	7.20	3.00	13.20	8.80	60.00	OK
1	4.00	1.00	4.40	4.40	60.00	OK

Tabel 4.20 Kontrol terhadap simpangan akibat beban gempa arah sumbu y

Lantai	h_i (m)	δx (mm)	δx (mm)	Drift (Δs) (mm)	Syarat Drift mm	Ket
10	32.80	13.00	57.20	4.40	60.00	OK
9	29.60	12.00	52.80	4.40	60.00	OK
8	26.40	11.00	48.40	4.40	60.00	OK
7	23.20	10.00	44.00	4.40	60.00	OK
6	20.00	9.00	39.60	8.80	60.00	OK
5	16.80	7.00	30.80	8.80	60.00	OK
4	13.60	5.00	22.00	4.40	60.00	OK
3	10.40	4.00	17.60	8.80	60.00	OK
2	7.20	2.00	8.80	5.28	60.00	OK
1	4.00	0.80	3.52	3.52	60.00	OK

4.4.10 Permodelan Struktur *flat slab* pada SAP 2000 dengan Gempa Dinamik Respons Spektrum

- Memodelkan struktur dalam bentuk 3D *Frame* dan lakukan *pengeditan grid* sesuai data gedung yang akan dianalisa.



Gambar 4.28. Pemilihan Model Rangka

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL Units: English (US)

X Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	A	-15.95	Primary	Show	End
2	C	-15	Primary	Show	End
3	A	-14.05	Primary	Show	End
4	D	-10.95	Primary	Show	End
5	E	-10	Primary	Show	End
6	F	-8.05	Primary	Show	End
7	G	-5.95	Primary	Show	End
8	H	5	Primary	Show	End

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	0	15	Primary	Show	End
2	1	-14.05	Primary	Show	End
3	2	-13.1	Primary	Show	End
4	3	-10	Primary	Show	End
5	4	-9.05	Primary	Show	End
6	5	-8.1	Primary	Show	End
7	6	-7.25	Primary	Show	End
8	6	-6	Primary	Show	End

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	21	0	Primary	Show	End
2	23	4	Primary	Show	End
3	24	7.2	Primary	Show	End
4	25	10.4	Primary	Show	End
5	26	13.6	Primary	Show	End
6	27	16.8	Primary	Show	End
7	28	20	Primary	Show	End
8	29	23.2	Primary	Show	End

Grid Lines:

Display Grids as: ☒ PS (Primary) ☐ FT (Foot) ☐ INCH (Inch)

☐ Grid Lines ☐ Blue to Grid Lines

Bubble Size: 1.25

Gambar 4.29. Input Data Grid

2. *Define material*, diisi sesuai dengan spesifikasi material yang digunakan. Yaitu beton dengan mutu $f'c = 35$ Mpa (untuk semua elemen struktur); berat jenis beton = $23,52 \text{ kN/m}^3$;
 $E_c = 4700\sqrt{f'c}$ Mpa ; poisson ratio 0,2

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Beton

Material Type: Concrete

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 23.5631

Mass per Unit Volume: 2.4028

Units: kN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 27805575

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 11585656

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 35000

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 4.30. *Define Material*

3. *Define section properties frame.* Mengisi spesifikasi ukuran balok atau kolom. Pada *concrete reinforcement data*, masukkan spesifikasi tulangan dan selimut beton. Pada *property modifier*, masukkan nilai inersia efektif penampang

The image displays three software dialog boxes used for defining the properties of a frame column section.

Rectangular Section Dialog:

- Section Name:** Column
- Section Notes:** (Empty text area)
- Modify/Show Notes:** (Button)
- Properties:** Section Properties... (Button)
- Property Modifiers:** Set Modifiers... (Button)
- Material:** + Beton (Dropdown)
- Dimensions:**
 - Depth (D): 0.7
 - Width (B): 0.7
- Diagram:** A square cross-section with reinforcement bars at the corners and midpoints of the sides.
- Display Color:** (Color selection tool)
- Concrete Reinforcement:** (Button)
- OK / Cancel:** (Buttons)

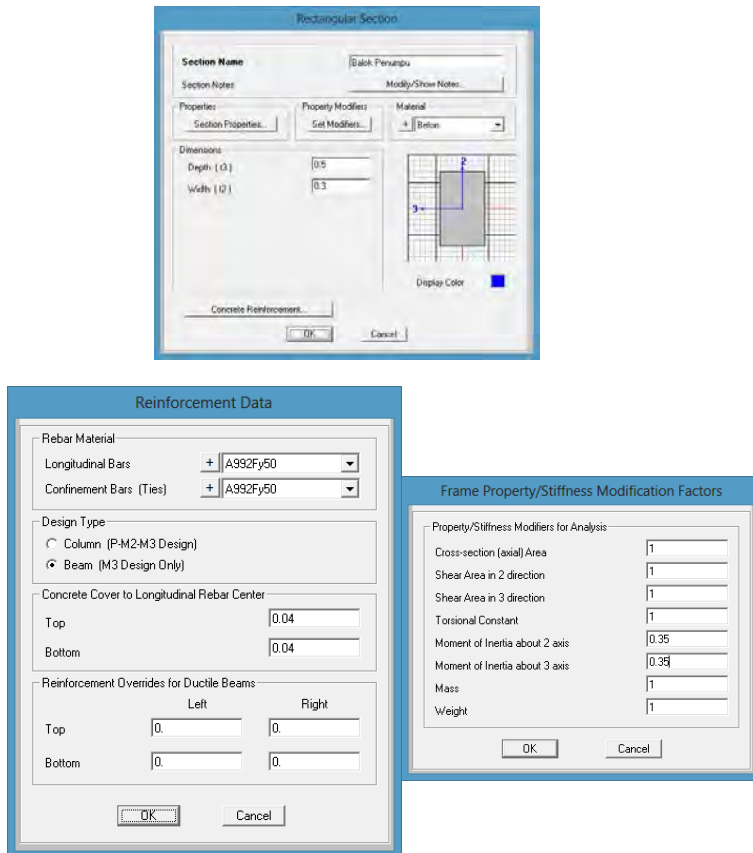
Reinforcement Data Dialog:

- Rebar Material:**
 - Longitudinal Bars: + A392Fy50 (Dropdown)
 - Confinement Bars (Ties): + A392Fy50 (Dropdown)
- Design Type:**
 - ☒ Column (P-M2-M3 Design)
 - ☐ Beam (M3 Design Only)
- Reinforcement Configuration:**
 - ☒ Rectangular
 - ☐ Circular
- Confinement Bars:**
 - ☒ Ties
 - ☐ Spiral
- Longitudinal Bars - Rectangular Configuration:**
 - Clear Cover for Confinement Bars: 0.05
 - Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 3
 - Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 3
 - Longitudinal Bar Size: + #9 (Dropdown)
- Confinement Bars:**
 - Confinement Bar Size: + #4 (Dropdown)
 - Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 0.15
 - Number of Confinement Bars in 3-dir: 3
 - Number of Confinement Bars in 2-dir: 3
- Check/Design:**
 - ☐ Reinforcement to be Checked
 - ☒ Reinforcement to be Designed
- OK / Cancel:** (Buttons)

Frame Property/Stiffness Modification Factors Dialog:

- Property/Stiffness Modifiers for Analysis:**
 - Cross-section (axial) Area: 1
 - Shear Area in 2 direction: 1
 - Shear Area in 3 direction: 1
 - Torsional Constant: 1
 - Moment of Inertia about 2 axis: 0.7
 - Moment of Inertia about 3 axis: 0.7
 - Mass: 1
 - Weight: 1
- OK / Cancel:** (Buttons)

Gambar 4.31. *Define Section Properties Frame Column Section*



Gambar 4.32. *Define Section Properties Frame Beam Section*

Shell Section Data

Section Name DP 32 Typical

Section Notes

Display Color ☒

Type

- ☒ Shell - Thin
- ☐ Shell - Thick
- ☐ Plate - Thin
- ☐ Plate Thick
- ☐ Membrane
- ☐ Shell - Layered/Nonlinear

Material

Material Name

Material Angle

Thickness

Membrane

Bending

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	<input type="text" value="0.25"/>
Membrane f22 Modifier	<input type="text" value="0.25"/>
Membrane f12 Modifier	<input type="text" value="0.25"/>
Bending m11 Modifier	<input type="text" value="0.25"/>
Bending m22 Modifier	<input type="text" value="0.25"/>
Bending m12 Modifier	<input type="text" value="0.25"/>
Shear v13 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Shear v23 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Mass Modifier	<input type="text" value="1"/>
Weight Modifier	<input type="text" value="1"/>

Gambar 4.33. *Define Section Properties Area Section*

4. *Define Response Spectrum Function*, menggunakan IBC 2006 dengan memasukkan nilai S_s (gambar 6.1), S_1 (gambar 6.2), R (tabel 16.2) dan Site Class.

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition

Function Name IBC 2006

Parameters

☐ Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
☐ Ss and S1 from USGS - by Zip Code
☒ Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees) ?

Site Longitude (degrees) ?

Site Zip Code (5-Digits) ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss 0.651

1 Sec Spectral Accel, S1 0.228

Long-Period Transition Period 8.

Site Class D

Site Coefficient, Fa 1.2732

Site Coefficient, Fv 1.944

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) * Fa * Ss 0.5552

SD1 = (2/3) * Fv * S1 0.2955

Convert to User Defined

Function Damping Ratio 0.05

Define Function

Period	Acceleration
0	0.2221
0.1064	0.5552
0.5322	0.5552
0.8	0.3694
1.	0.2955
1.2	0.2462
1.4	0.2111
1.6	0.1847
1.8	0.1642

Add Modify Delete

Function Graph

Display Graph (1.7396 , 0.1704)

OK Cancel

Gambar 4.34. Define Response Spectrum Function

5. *Define Load Patterns*, program SAP 2000 akan secara otomatis akan menghitung berat sendiri struktur berdasarkan penampang elemen dan spesifikasi material.

Define Load Patterns

Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	DEAD	1	
DEAD	DEAD	1	
LL	LIVE	0	
DINDING	SUPER DEAD	0	
SIDL	SUPER DEAD	0	
GEMPA	QUAKE	0	None

Click To:

Add New Load Pattern

Modify Load Pattern

Modify Lateral Load Pattern...

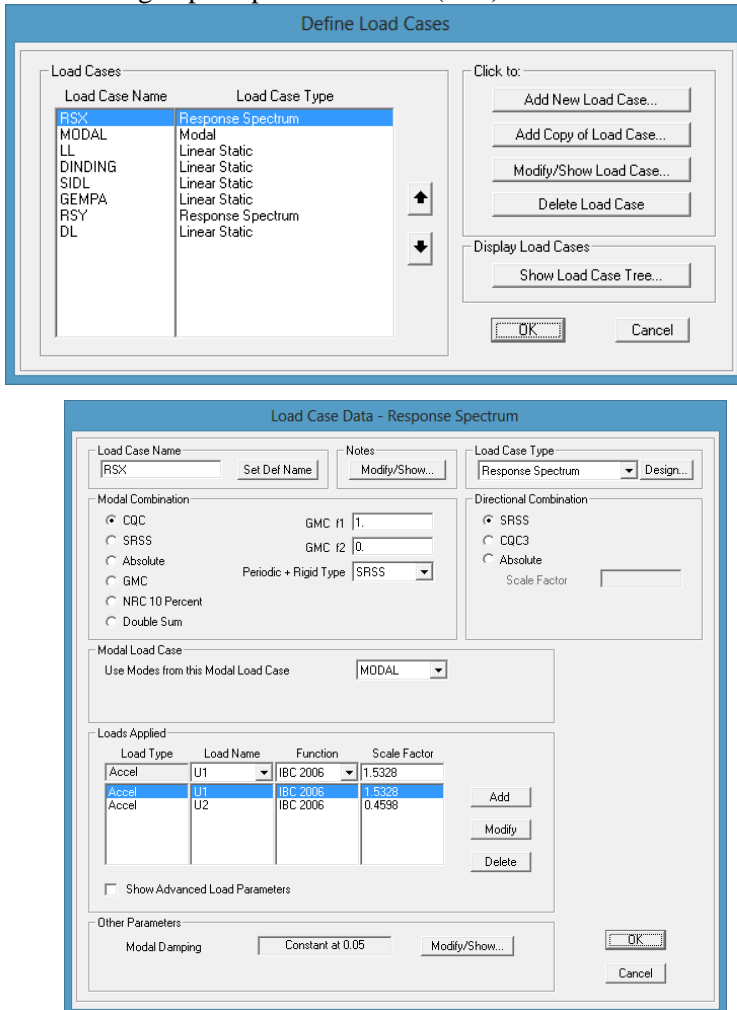
Delete Load Pattern

Show Load Pattern Notes...

OK Cancel

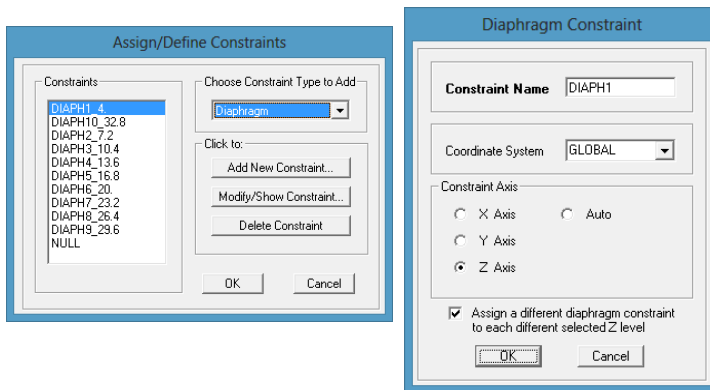
Gambar 4.35. Define Load Patterns

6. *Define Load Cases*, memasukkan skala faktor dari beban-beban yang akan digunakan dalam analisa, untuk beban selain gempa dapat diisi nilai 1 (satu).



Gambar 4.36. *Define load case*

7. *Define Load Combinations*, memasukkan kombinasi beban berfaktor yang mengacu pada SNI 2847-2012.
8. *Mass Source*, masa yang berasal dari beban hidup (LL) digunakan sebagai masa gempa sebesar 30% (fungsi bangunan sebagai fasilitas hunian).
9. Menggambar elemen frame (balok kolom) dan area section.
10. Pembebanan struktur dengan memasukkan angka pembebanan yang telah dihitung sebelumnya.
11. *Restraint*, menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. Jenis perletakan yang digunakan adalah perletakan jepit.
12. *Diaphragm*, dengan memblok semua elemen struktur horizontal yang sudah di gambar sebelumnya , dan dilakukan pada setiap lantai.



Gambar 4.37. *Assign Diaphragm Constraint*

13. *Running*, semua (DL, LL, Gempa dan Modal) di *run* secara linier.

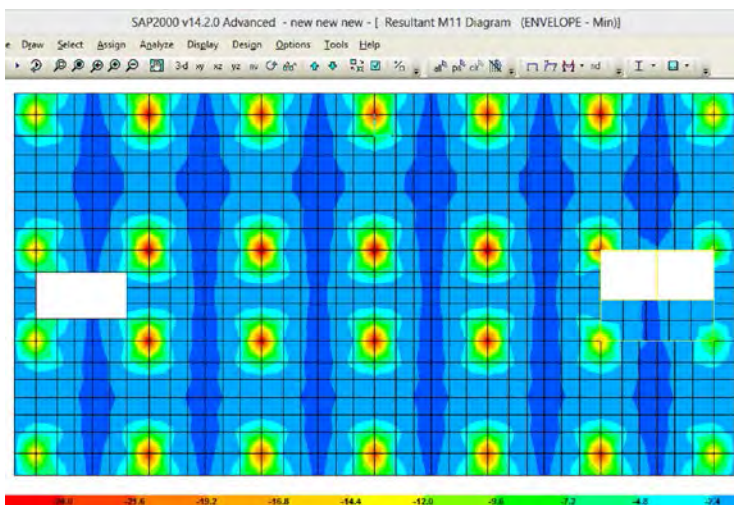
Setelah sub bab pembebanan dan analisa struktur fixed base dikerjakan, maka dilakukan perhitungan penulangan struktur primer fixed base dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.15.

4.5 Perhitungan Struktur Primer

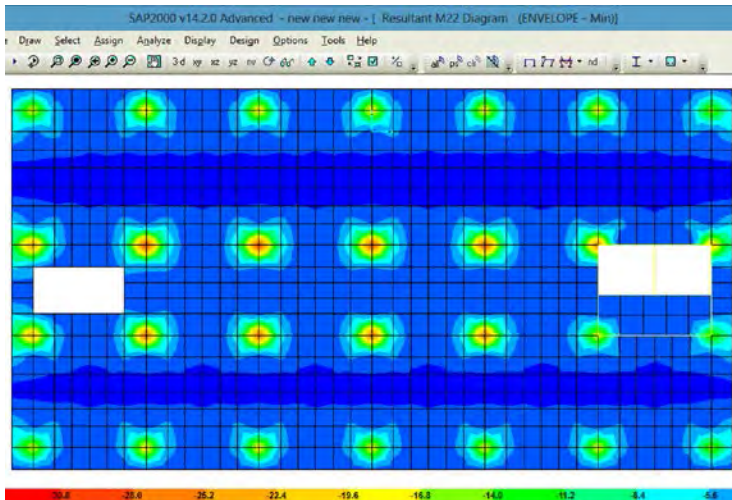
Pada sub bab ini, menjelaskan perhitungan penulangan dari struktur primer yang terdiri dari struktur struktur *flat slab* dan kolom.

4.5.1 Penulangan Pelat

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 menghasilkan momen rata-rata pada pelat. Hasil momen tersebut akan digunakan untuk merencanakan tulangan pelat lantai 2 s/d 9, dan atap. Momen yang digunakan adalah momen rata-rata terbesar dari kombinasi beban lantai-lantai tersebut. Berikut merupakan contoh Gambar hasil momen max yang didapat dari Program SAP 2000 Pada Lantai 4



Gambar 4.38 Momen M1-1 (My-y) Kombinasi Envelope



Gambar 4.39 Momen M2-2 (Mx-x) Kombinasi Envelope

Didapatkan momen max plat dari program SAP 2000 sebagai berikut :

Tabel 4.21 Momen tumpuan dan lapangan pada masing-masing lajur dan masing-masing arah untuk Mx-x.

Lantai	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m
Atap	-6575.15	-4060.95	-2370.50	1403.70
Lantai	-15151.85	-10338.09	-5088.75	2323.60

Tabel 4.22 Momen tumpuan dan lapangan pada masing-masing lajur dan masing-masing arah untuk My-y

Lantai	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	Kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m
Atap	-6083.30	-3419.50	-1436.36	900.50
Lantai	-13760.15	-8831.35	-3406.50	1561.80

4.5.1.1 Perencanaan Tulangan Lentur Pelat

Pengaturan tulangan lentur pelat dua arah tanpa balok diatur dalam SNI 03-2847-2013 ps. 21.5. pengaturan tersebut menyangkut banyaknya tulangan yang harus dipasang menerus sepanjang jalur kolom.

Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas jalur kolom di daerah tumpuan harus di pasang menerus di keseluruhan panjang bentang SNI 03-2847-2013 ps. 21.5.1. Jumlah tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan SNI 03-2847-2013 ps. 21.5.13

4.5.1.2 Data – data Perencanaan :

- Mutu beton ($f'c$) = 35 Mpa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 Mpa
- h pelat = 20 cm
- h drop panel = 12 cm
- ukuran drop panel = 190 x 190 cm²
- Kolom = 70 x 70cm
- Diameter tul. Pokok = 16 mm
- Selimut Beton = 20 mm
- $L_1 = 600$ cm
- $L_2 = 500$ cm
- $L_n = 540$ cm

$$\beta_1 = 0.85 - \left(\frac{f'c - 28}{7} \times 0.05 \right) = 0.8$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0.0357$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.0268 (\text{SNI} - 03 - 2847 - 2013, \text{ps.12.3.3})$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4x f_y} = 0.0037 (\text{SNI} - 03 - 2847 - 2013, \text{ps.12.3.3})$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = 13.445$$

$$m = \frac{A_{s'}}{A_s} = 0.5$$

4.5.1.3 Penulangan Pelat Atap Jalur Kolom

$d = h_{\text{pelat}} - \text{Selimut beton} - 1/2 \text{ Dia. Tul. Pokok}$

$$= 150 - 20 - (1/2 \times 16) = 122 \text{ mm}$$

$$d' = h_{\text{pelat}} - d = 150 - 122 = 28 \text{ mm}$$

1. Arah X

Tumpuan :

$$M_u = -6575.15 \text{ Kg} = -6575.15 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0.50) \times 6575.15 \times 10^4}{0.8 \times 1000 \times 122^2} = 2.761$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.007256$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.008959$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.0162$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b x d$$

$$= 0.0162 \times 1000 \times 122$$

$$= 1978.234 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16-100 ($A_s = 2010.619 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= 1/4 \times A_s = 1/4 \times 2010.619 = 502.655 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= 1/3 \times A_s = 1/3 \times 2010.619 = 670.206 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = \rho' b x d$$

$$= 0.00896 \times 1000 \times 122$$

$$= 1092.944 \text{ mm}^2 > 670.206 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 - 150 ($A_s' = 1340.413 \text{ mm}^2$)
 Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$M_u = -4060.95 \text{ Kg} = -4060.95 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 4060.95 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 1.705 \text{ N / mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00439$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00553$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.00993$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00993 \times 1000 \times 122 \\ &= 1210.953 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-100 ($A_s = 2010.619 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times A_s = \frac{1}{4} \times 2010.619 = 502.655 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times A_s = \frac{1}{3} \times 2010.619 = 670.206 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s'} &= \rho' \times b \times d \\ &= 0.00553 \times 1000 \times 122 \\ &= 675.025 \text{ mm}^2 > 670.206 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 - 150 ($A_s' = 1340.413 \text{ mm}^2$)
 Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

2. Arah Y

Tumpuan :

$$Mu = -6083.30 \text{ Kg} = -6083.30 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 6083.30 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 2.55$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.006687$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.008288$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.01497$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.01497 \times 1000 \times 122$$

$$= 1826.969 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16-100 ($As = 2010.619 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 2010.619 = 502.655 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 2010.619 = 670.206 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' \times b \times d$$

$$= 0.008288 \times 1000 \times 122$$

$$= 1011.187 \text{ mm}^2 > 670.206 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 - 150 ($As' = 1340.413 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = -3419.50Kg = -3419.50 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 3419.50 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 1.436 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00368$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00466$$

$$\rho = \rho_{perlu} + \rho' = 0.00834$$

$$\rho_{\min} < \rho_{perlu} < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho x b x d \\ &= 0.00834 \times 1000 \times 122 \\ &= 1017.461 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-100 ($As = 2010.619 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 2010.619 = 502.655 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 2010.619 = 670.206 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As' &= \rho' x b x d \\ &= 0.00466 \times 1000 \times 122 \\ &= 568.40 \text{ mm}^2 < 670.206 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 - 150 ($As' = 1340.413 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

4.5.1.4 Penulangan Pelat Atap Jalur Tengah

1. Arah X

Tumpuan :

$$Mu = -2370.50 \text{ Kg} = -2370.50 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50)x - 2370.50 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 0.995$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00253$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00323$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.00576$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} x b x d \\ &= 0.00576 \times 1000 \times 122 \\ &= 702.89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1005.31 = 251.327 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1005.31 = 335.10 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As' &= \rho' x b x d \\ &= 0.00323 \times 1000 \times 122 \\ &= 394.033 \text{ mm}^2 < 335.10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-250 ($As' = 804.25 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = 1403.70 \text{ Kg} = 1403.70 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 1403.70 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 0.589$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.001488$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.001913$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.003401$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0.0037 \times 1000 \times 122 \\ &= 451.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1005.31 = 251.327 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1005.31 = 335.10 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As' &= \rho' \times b \times d \\ &= 0.00191 \times 1000 \times 122 \end{aligned}$$

$$= 233.33 \text{ mm}^2 < 335.10 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16-250 ($As' = 804.25 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

2. Arah Y

Tumpuan :

$$Mu = -1436.36 \text{ Kg} = -1436.36 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50)x - 1436.36 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 0,603$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) = 0.001523$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi fy (d - d') b d} = 0.001957$$

$$\rho = \rho_{perlu} + \rho' = 0.00348$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{\min}$$

$$As_{perlu} = \rho_{\min} x b x d$$

$$= 0.0037 \times 1000 \times 122$$

$$= 451.4 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1005.31 = 251.327 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1005.31 = 335.10 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' x b x d$$

$$= 0.00196 \times 1000 \times 122$$

$$= 238.76 \text{ mm}^2 < 335.10 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16-250 ($As' = 804.25 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = 900.50 \text{ Kg} = 900.50 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 900.50 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 122^2} = 0,378$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.000951$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.001227$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.00218$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{min}} b x d \\ &= 0.0037 \times 1000 \times 122 \\ &= 451.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1005.31 = 251.327 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah Y

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1005.31 = 335.10 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As' &= \rho' b x d \\ &= 0.001227 \times 1000 \times 122 \\ &= 149.68 \text{ mm}^2 < 335.10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-250 ($As' = 804.25 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$ OK

4.5.1.5 Penulangan Pelat Lantai Jalur Kolom

$d = h_{\text{pelat}} - \text{Selimut beton} - 1/2 \text{ Dia. Tul. Pokok}$

$$= 200 - 20 - (1/2 \times 16) = 172 \text{ mm}$$

$$d' = h_{\text{pelat}} - d = 150 - 122 = 28 \text{ mm}$$

1. Arah X

Tumpuan :

$$M_u = -15151.85 \text{ Kg} = -15151.85 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 15151.85 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 3.20$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00849$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00956$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.018$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\max} \times b \times d$$

$$= 0.018 \times 1000 \times 172$$

$$= 3103.80 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 100 ($A_s = 3801.33 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= 1/4 \times A_s = 1/4 \times 3801.33 = 950.33 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= 1/3 \times A_s = 1/3 \times 3801.33 = 1267.11 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0.00956 \times 1000 \times 172$$

$$= 1644.08 \text{ mm}^2 > 1267.11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 - 200 ($A_{s'} = 1900.66 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = -10338.09 \text{ Kg} = -10338.09 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 10338.09 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 2.184 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00568$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00652$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.012$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b x d$$

$$= 0.012 \times 1000 \times 172$$

$$= 2098.16 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 100 ($As = 3801.33 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 3801.33 = 950.33 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 3801.33 = 1267.11 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' b x d$$

$$= 0.00652 \times 1000 \times 172$$

$$= 1121.75 \text{ mm}^2 < 1267.11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 - 200 ($As' = 1900.66 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

2. Arah Y

Tumpuan :

$$Mu = -13760.15 \text{ Kg} = -13760.15 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 13760.15 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 2.907 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00766$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00868$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.0163$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b x d$$

$$= 0.0163 \times 1000 \times 172$$

$$= 2810.969 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 100 ($As = 3801.33 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 3801.33 = 950.33 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 3801.33 = 1267.11 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' b x d$$

$$= 0.00868 \times 1000 \times 172$$

$$= 1493.07 \text{ mm}^2 > 1267.11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 - 200 ($As' = 1900.66 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = -8831.35 \text{ Kg} = -8831.35 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50)x - 8831.35 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 1.866 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00482$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00557$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.0104$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} x b x d$$

$$= 0.0104 \times 1000 \times 172$$

$$= 1787.40 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 100 ($As = 3801.33 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 3801.33 = 950.33 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 3801.33 = 1267.11 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' x b x d$$

$$= 0.00557 \times 1000 \times 172$$

$$= 958.30 \text{ mm}^2 < 1267.11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 - 200 ($As' = 1900.66 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

4.5.1.6 Penulangan Pelat Lantai Jalur Tengah

1. Arah X

Tumpuan :

$$Mu = -5088.75 \text{ Kg} = -5088.75 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50)x - 5088.75 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 1.075$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00274$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00321$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.00595$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\min} x b x d$$

$$= 0.00595 \times 1000 \times 172$$

$$= 1023.11 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 150 ($As = 1340.41 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1340.41 = 335.10 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1340.41 = 446.81 \text{ mm}^2$$

$$As' = \rho' x b x d$$

$$= 0.00321 \times 1000 \times 172$$

$$= 552.16 \text{ mm}^2 > 446.8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16-200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = 2323.60 \text{ Kg} = 2323.60 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 2323.60 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 0,49$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0,00124$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0,00146$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0,0027$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A s_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{min}} b x d \\ &= 0,0037 \times 1000 \times 172 \\ &= 636,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 150 ($A_s = 1340,41 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times A_s = \frac{1}{4} \times 1340,41 = 335,10 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times A_s = \frac{1}{3} \times 1340,41 = 446,81 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A s' &= \rho' b x d \\ &= 0,00146 \times 1000 \times 172 \\ &= 252,13 \text{ mm}^2 < 446,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-200 ($A_s = 1005,31 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

2. Arah Y

Tumpuan :

$$Mu = -3406.50 \text{ Kg} = -3406.50 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 3406.50 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 0,720$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00182$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00215$$

$$\rho = \rho_{\text{perlu}} + \rho' = 0.00397$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} b x d \\ &= 0.00397 \times 1000 \times 172 \\ &= 682.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 150 ($As = 1340.41 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1340.41 = 335.10 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1340.41 = 446.81 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As' &= \rho' b x d \\ &= 0.00215 \times 1000 \times 172 \\ &= 369.63 \text{ mm}^2 < 446.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

Lapangan :

$$Mu = 1561.80 \text{ Kg} = 1561.80 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta)Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,50) \times 1561.80 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 172^2} = 0,33$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.00083$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi f_y (d - d') b d} = 0.00098$$

$$\rho = \rho_{perlu} + \rho' = 0.0018$$

$$\rho_{perlu} < \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0.0037 \times 1000 \times 172 \\ &= 636.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 150 ($As = 1340.41 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{4} \times As = \frac{1}{4} \times 1340.41 = 335.10 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bawah minimum yang harus dipasang menerus sepanjang bentang arah X

$$= \frac{1}{3} \times As = \frac{1}{3} \times 1340.41 = 446.81 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As' &= \rho' \times b \times d \\ &= 0.000985 \times 1000 \times 172 \\ &= 169.50 \text{ mm}^2 < 446.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16-200 ($As = 1005.31 \text{ mm}^2$)

Syarat $s \leq 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$ OK

Tabel 4.23 Rekapitulasi perhitungan penulangan pelat (*flat slab*)
Lantai Atap.

Arah	Posisi		Tulangan
Penulangan	Tulangan		Pelat
Arah x	Tumpuan lajur	Atas	D16-100
	Kolom	Bawah	D16-150
	Lapangan lajur	Atas	D16-100
	Kolom	Bawah	D16-150
	Tumpuan lajur	Atas	D16-200
	Tengah	Bawah	D16-250
	Lapangan lajur	Atas	D16-200
	Tengah	Bawah	D16-250
	Tumpuan lajur	Atas	D16-100
	Kolom	Bawah	D16-150
	Lapangan lajur	Atas	D16-100
	Kolom	Bawah	D16-150
Arah y	Tumpuan lajur	Atas	D16-200
	Tengah	Bawah	D16-250
	Lapangan lajur	Atas	D16-200
	Tengah	Bawah	D16-250
	Tumpuan lajur	Atas	D16-100
	Kolom	Bawah	D16-150
	Lapangan lajur	Atas	D16-100
	Kolom	Bawah	D16-150

Tabel 4.24 Rekapitulasi perhitungan penulangan pelat (*flat slab*) Lantai Typical.

Arah	Posisi		Tulangan
Penulangan	Tulangan		Pelat
Arah x	Tumpuan lajur	Atas	D22-100
	Kolom	Bawah	D22-200
	Lapangan lajur	Atas	D22-100
	Kolom	Bawah	D22-200
	Tumpuan lajur	Atas	D16-150
	Tengah	Bawah	D16-200
	Lapangan lajur	Atas	D16-150
	Tengah	Bawah	D16-200
Arah y	Tumpuan lajur	Atas	D22-100
	Kolom	Bawah	D22-200
	Lapangan lajur	Atas	D22-100
	Kolom	Bawah	D22-200
	Tumpuan lajur	Atas	D16-150
	Tengah	Bawah	D16-200
	Lapangan lajur	Atas	D16-150
	Tengah	Bawah	D16-200

4.5.1.7 Perencanaan Tulangan Geser Pelat

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.7.1, bila beban gravitasi angin, gempa, atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya penyaluran momen tidak berimbang M_u antara pelat dan kolom maka sebagian momen tidak berimbang tersebut harus di salurkan sebagai lentur dan sisanya disalurkan melalui eksentrisitas geser terhadap pusat penampang kritis.

Untuk menjamin kekuatan geser yang cukup diperlukan transfer momen ke kolom yang berupa lentur pada keliling kolom dan tegangan geser eksentris serupa, sehingga 60% yang ditransfer oleh lentur dan 40% yang ditransfer oleh geser.

Dari perhitungan program bantu SAP didapat nilai V_u dan M_u yang bekerja pada pelat sebagai berikut :

➤ **Geser pelat sejauh $d/2$ dari muka kolom**

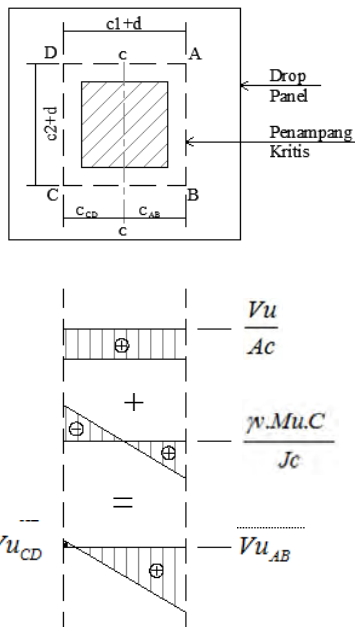
Lantai 2 s/d 10 (Atap)

$V_u = 22.500,00 \text{ Kg}$

$M_u = 15.500,00 \text{ Kgm}$

$\emptyset_{\text{tul geser}} = 16 \text{ mm}$

$d = \text{pelat dan drop panel} - \text{selimut beton} - \emptyset_{\text{tulx}} - 0.5\emptyset_{\text{tuly}}$
 $= 320 - 20 - 16 - 16/2 = 294 \text{ mm} = 0.276 \text{ m}$



Gambar 4.40 Penampang kritis kolom sejauh $d/2$ dari muka kolom

$$C_1 = C_2 = 0.7 \text{ m}$$

$$C_{CD} + C_{AB} = C_1 + d$$

$$C_1 + d = 0.7 \text{ m} + 0.276 \text{ m} = 0.976 \text{ m}$$

$$C_{AB} = C_{CD} = 0.976/2 = 0.488 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
Ac &= bo.d = 2d(C_1 + C_2 + 2d) \\
&= 2 \times 0.276 \times (0.7 + 0.7 + 2 \times 0.276) \\
&= 1.0775 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Jc &= \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d)d^3}{6} + \frac{d(c_2 + d)(c_2 + d)^3}{2} \\
Jc &= \frac{0.276(0.976)^3}{6} + \frac{(0.976)0.276^3}{6} + \frac{0.276(0.976)(0.976)^3}{2} \\
Jc &= 0.1714 \text{ m}^4
\end{aligned}$$

$$\gamma = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 Ps.11.11.7})$$

$$\gamma = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{0.976}{0.976}}}$$

$$\gamma = 0.4$$

$$\sigma_{uAB} = \frac{Vu}{Ac} + \frac{\gamma \cdot Mu \cdot C_{AB}}{Jc}$$

$$\sigma_{uAB} = \frac{22.500,00}{1.0775} + \frac{0.4 \times 15.500,00 \times 0.488}{0.1714}$$

$$\sigma_{uAB} = 38533,0247 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$Vu_{AB} = \sigma_{uAB} \times (C_2 + d) \times (C_1 + d)$$

$$Vu_{AB} = 38533.0247 \times 0.976 \times 0.976 = 36.705,635 \text{ kg}$$

$$Vu_{AB} = 367.056,35 \text{ N}$$

$$\sigma_{uCD} = \frac{Vu}{Ac} - \frac{\gamma \cdot Mu \cdot C_{CD}}{Jc}$$

$$\sigma_{uCD} = \frac{22.500,00}{1.0775} - \frac{0.4 \times 15.500,00 \times 0.488}{0.1714}$$

$$\sigma_{uCD} = -3230.16 \text{ Kg} / \text{m}^2$$

$$Vu_{CD} = \sigma_{uCD} x (C_2 + d) x (C_1 + d)$$

$$Vu_{CD} = -3230,16 \times 0.976 \times 0.976 = -3076,97 \text{ kg}$$

$$Vu_{CD} = -30.769,70 \text{ N}$$

$$Vu_{\text{pakai}} = Vu_{AB} = 367.056,35 \text{ N}$$

$$\phi Vc = \phi x \frac{1}{6} x \sqrt{f'c} x b x d = 0.75 x \frac{1}{6} x \sqrt{35} x 3904 x 276 = 769.824.95 \text{ N}$$

Karena,

$$\phi \cdot Vc > Vu$$

$$769.824.95 \text{ N} > 439.917,40 \text{ N} \dots (\text{tidak perlu tulangan geser})$$

4.5.1.8 Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan ini berfungsi sebagai kenyamanan dalam pemakaian struktur tersebut, dimana struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus memiliki kekakuan yang cukup untuk mengatasi lendutan yang besar, adapun ketentuannya untuk pelat dua arah ini ialah SNI 2847 pasal 11.5 tabel 9, dengan rumusan :

$$\Delta c = \frac{5 \cdot W \cdot \ell^2}{384 \cdot E \cdot I} \quad \text{dimana } W = \text{beban merata (kN/m')}$$

$$l = \text{bentang as kolom (m)}$$

$$E = \text{Modulus Elastisitas (kN/m}^2\text{)}$$

$$I = \text{Momen Inertia (m}^4\text{)}$$

$$W = 12,184 \times 6 = 73.104 \text{ kN/m'}$$

$$l = 6 \text{ m (bentang terpanjang)}$$

$$E = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{35} = 27.805,575 \text{ Mpa} = 27.805.575 \text{ kN/m}^2$$

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 (6)(0.22)^3 = 0.005324 \text{ m}^4$$

Sehingga lendutan untuk bentang 6 m kedua sistem tersebut :

$$\Delta_c = \frac{5 \cdot W \cdot l^2}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5(73.104)6^2}{384(27.805.575)0.005324} = 0.00023 \text{ m}$$

Pada pasal 11.5 tabel 9 persyaratan lendutan yang diijinkan untuk pelat lantai yang menahan beban non struktural ialah sebesar :

$$\Delta_{ijin} = \frac{\lambda}{480} = \frac{6000 - 700}{480} = 11.04 \text{ mm} = 0.01104 \text{ m} > \Delta_c$$

= 0.00023 mOK!

4.5.2 Penulangan Kolom

Dalam perencanaan kolom ini sebagai contoh perhitungan diambil bentang yang mempunyai momen maksimum dari hasil analisa program SAP 2000. Adapun data-data perencanaan adalah sebagai berikut :

- Dimensi Kolom = 700 x 700 mm
- Tebal pelat = 200 mm
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- Mutu Beton ($f'c$) = 35 Mpa
- Selimut beton = 40 mm (kolom)
= 20 mm (pelat)
- Tulangan utama = D 25 mm
- Tulangan sengkang = D 13 mm
- Tinggi kolom = 4000 mm
- d = dimensi kolom – selimut
beton – Ø sengkang –
(1/2 x Øtul utama)
= 700 – 40 – 13 – (0.5 x 25)
= 634.5 mm

4.5.2.1 Perhitungan Kolom Interior K1

1. Penulangan Lentur Kolom Interior K1

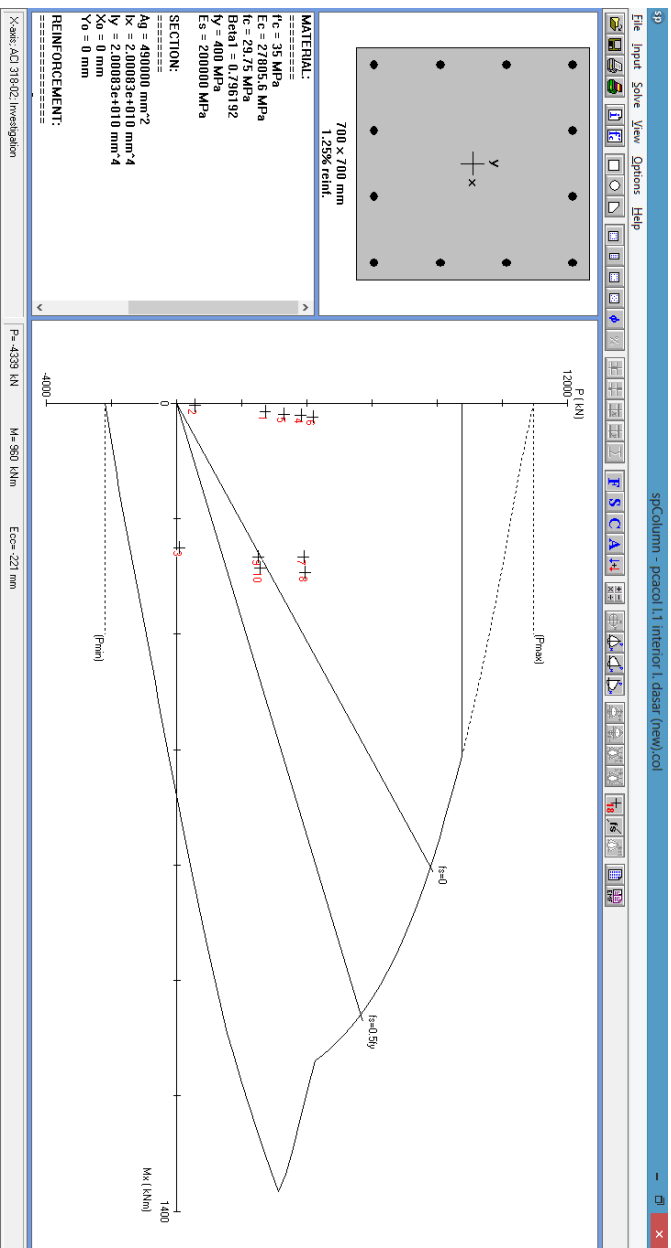
Sebagai contoh perhitungan diambil kolom As 4/C (Frame 73) yang memiliki beban maksimum pada baris kolom interior.

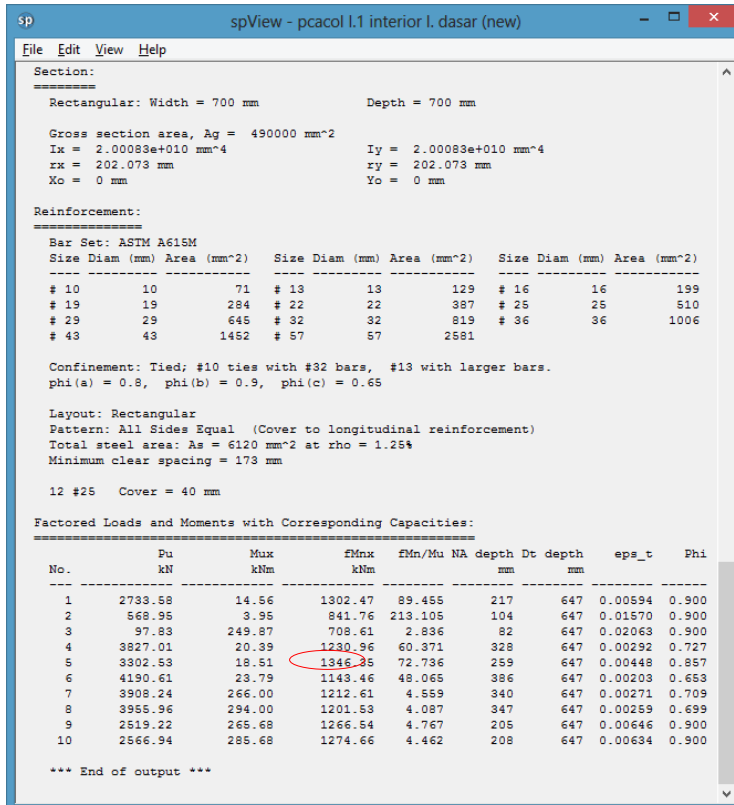
Tabel 4.25 Gaya aksial dan momen pada kolom interior lantai dasar

No	Kombinasi	Axial (KN)	Momen (KN.m)
-	Mati (DL)	2562.90	13.38
-	Hidup (LL)	568.95	3.95
-	Gempa (RSY)	117.124	297.95
1	1.4DL	3588.06	18.73
2	1.0DL+1.0LL	3131.84	17.33
3	1.2DL+1.6LL	3985.79	22.37
4	1.2DL+1.0LL+1.0EX+0.3EY	3712.36	295.04
5	1.2DL+1.0LL+1.0EY+0.3EX	3771.39	342.97
6	0.9DL+1.0EX+0.3EY	2374.55	294.73
7	0.9DL+1.0EY+0.3EX	2433.57	335.01

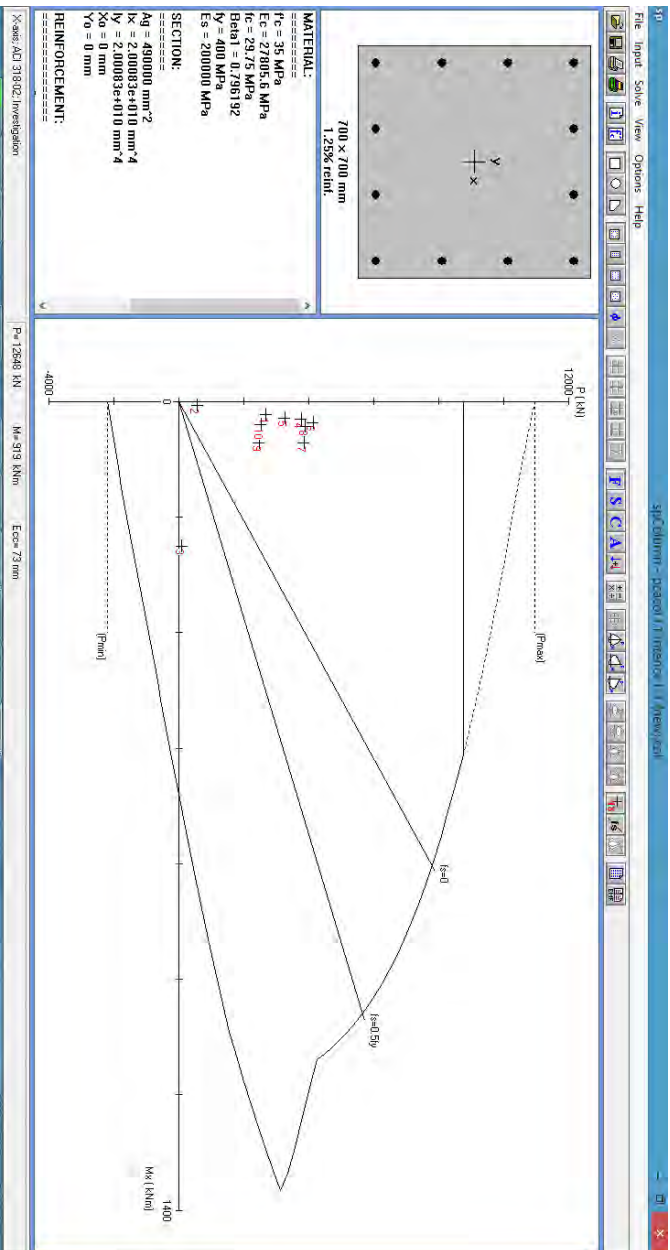
Tabel 4.26 Gaya aksial dan momen pada kolom interior lantai 1

No	Kombinasi	Axial (KN)	Momen (KN.m)
-	Mati (DL)	2516.71	20.35
-	Hidup (LL)	568.95	5.92
-	Gempa (RSY)	117.13	83.00
1	1.4DL	3523.40	28.50
2	1.0DL+1.0LL	3085.66	26.27
3	1.2DL+1.6LL	3930.37	33.90
4	1.2DL+1.0LL+1.0EX+0.3EY	3656.94	79.41
5	1.2DL+1.0LL+1.0EY+0.3EX	3715.97	59.61
6	0.9DL+1.0EX+0.3EY	2332.98	78.95
7	0.9DL+1.0EY+0.3EX	2392.01	71.63

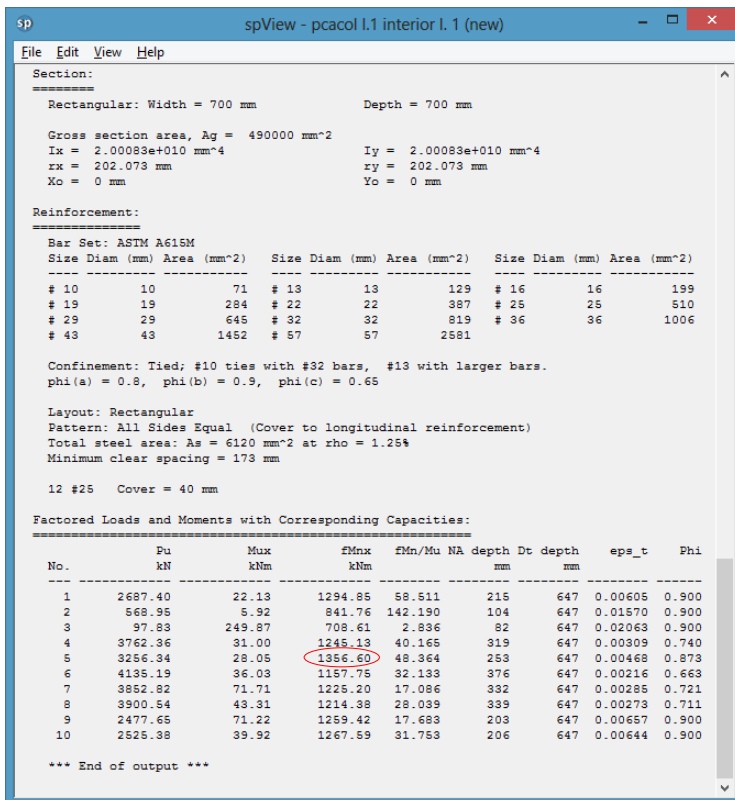




Gambar 4.42 Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (Mpr) dari kolom interior kombinasi lantai dasar



Gambar 4.43 Diagram interaksi momen dan aksial kolom interior kombinasi lantai 1



Gambar 4.44 Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (Mpr) dari kolom interior kombinasi lantai 1

Berdasarkan kombinasi beban diatas, ternyata untuk semua kolom interior memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 12D25 ($\rho = 1.25\%$) seperti pada hasil perhitungan dengan program bantu sPColumn pada Gambar 6.9 dan 6.11 Kebutuhan prosentase ρ tersebut telah memenuhi syarat SNI 03-2847-2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1% - 8% telah terpenuhi.

Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu sPColumn, didapat hasil akhirnya sebagai berikut :

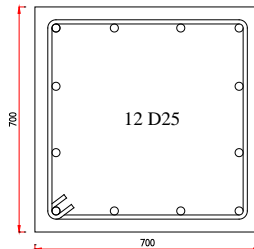
Rasio Tulangan Longitudinal : 1.25%

Penulangan 12D25 ($A_s = 5890.50 \text{ mm}^2$)

$A_g = 0.49 \times 10^6 \text{ mm}^2$

$I_x = 2.00 \times 10^{10} \text{ mm}^4$

$I_y = 2.00 \times 10^{10} \text{ mm}^4$



Gambar 4.45 Tulangan lentur kolom interior yang terpasang (mm)

Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang tidak melebihi $A_g f'_c / 10$, harus memenuhi ketentuan pada pasal 21.5.2.1 dan 21.5.3.4 spasi sengkang diseluruh panjang komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$.

Sedangkan bila komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang melebihi $A_g f'_c / 10$, harus memenuhi ketentuan pada pasal 21.6.3.1, 21.6.4.2 dan 21.6.5

$$A_g f'_c / 10 = (700 \times 700) 35 / 10 = 1715000 \text{ N} \\ = 1715 \text{ KN}$$

$$P_u = 3985.79 \text{ KN} > A_g f'_c / 10 = 1715 \text{ KN}$$

Cek Syarat Tulangan Memanjang (SNI-03-2847-2013-ps. 21.6.3.1)

$$A_{st} > 0.01 A_g \\ 5890.50 \text{ mm}^2 > 4900 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned} & \text{➤ } A_{st} < 0.06 A_g \\ 5890.50 \text{ mm}^2 & < 29400 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

2. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Interior Terhadap Beban Aksial Terfaktor.

Dalam SNI 03-284-2013 ps.10.3.7, menyebutkan bahwa beban aksial terfaktor P_u dengan eksentrisitas yang ada tidak boleh melampaui nilai yang diberikan dalam pasal 10.3.6.2 :

$$\begin{aligned} \phi P_{n(\max)} &= 0.80 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ \phi P_{n(\max)} &= 0.8 \times 0.65 [0.85 \times 35 \times (490000 - 5890.5) + 400 \times 5890.5] \\ \phi P_{n(\max)} &= 8.714.398,0 \text{ N} > P_u = 3.985.790 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

3. Penulangan Geser Kolom Interior K1

Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0.3 \times \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \\ A_{sh} &= 0.09 \times \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \end{aligned}$$

Dimana s harus sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.13.3.2

S diambil terkecil dari :

- $S \leq 6D = 6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
 - $S \leq 150 \text{ mm}$
- Diambil $\leq = 100 \text{ mm}$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0.3 \times \frac{100(700 - 2 \times 40)35}{400} \left[\left(\frac{700 \times 700}{(700 - 2 \times 40) \times (700 - 2 \times 40)} \right) - 1 \right] \\ A_{sh} &= 383.23 \text{ mm}^2 \\ A_{sh} &= 0.09 \times \frac{100(700 - 2 \times 40)35}{400} \\ A_{sh} &= 488.25 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)} \\ \text{Maka dipakai } 4D13-100 \text{ (} A_s &= 530.93 \text{ mm}^2 \text{)} \end{aligned}$$

Pengekang dipasang sepanjang l_o dari hubungan pelat kolom (SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.1) yaitu :

- $l_o \geq h = 700 \text{ mm}$
- $l_o \geq 1/6 l_n = 1/6 \times (4000-320) = 613.33 \text{ mm}$
- $l_o \geq 450 \text{ mm}$
- Diambil $l_o = 700 \text{ mm}$

4. Tulangan Transversal untuk Geser

Gaya geser rencana V_c untuk kolom harus ditentukan menggunakan gaya-gaya pada muka hubungan pelat kolom pada kolom interior dan HKB pada kolom eksterior, yaitu momen maksimum M_{pr} . Hasil ini tidak boleh kurang dari V_u hasil dari analisa struktur.

Secara konservatif M_{pr} ditentukan sebesar momen balance dari program interaksi pada Gambar 6.10 dan 6.12

M_{pr} (lantai dasar) = 1346.35 KNm

M_{pr} (lantai 1) = 1356.60 KNm

Kuat Geser di Ujung Kolom :

Gaya geser di ujung kolom akibat momen lentur :

$$V_c = \frac{M_{pr_{atas}} + M_{pr_{bawah}}}{l_n} = \frac{1346.35 + 1356.60}{(4000 - 320)/1000} = 734,497 \text{ KN}$$

V_u hasil analisis struktur = 60.46 KN

$V_c > V_u$ analisa struktur OK

Karena $P_u > A_g f'_c / 10$, maka :

Kekuatan geser beton untuk komponen struktur yang terkena beban aksial berlaku pasal 21.13.3.2 SNI 03-2847-2013.

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w d \quad \text{dengan} \quad \left(\frac{N_u}{A_g} \right) \text{ dinyatakan dalam}$$

MPa

$$d = 700 - 40 - 13 - 1/2 \times 25 = 634.5 \text{ mm}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{4190.61 \times 10^3}{14 \times 490000} \right) \left(\frac{\sqrt{35}}{6} \right) 700 \times 634.5 = 711.675,74 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 711.675,74 \text{ N} = 533.756,80 \text{ N} = 533,76 \text{ KN}$$

$$V_s \text{ min} = 1/3 \times h \times d$$

$$= 1/3 \times 700 \times 634,5$$

$$= 148.050 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 1/3 \times f'_c \times h \times d$$

$$= 1/3 \times 35 \times 700 \times 634,5$$

$$= 5.181.750 \text{ N}$$

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) = 0.75(609599.21 + 148050)$$

$$= 644.794,30 \text{ N}$$

$$\phi(V_c + V_s \text{ max}) = 0.75(609599.21 + 5181750)$$

$$= 4.420.069,30 \text{ N}$$

5. Cek Keperluan Tulangan Geser

$$\phi(V_c + V_s \text{ min}) < V_c < \phi(V_c + V_s \text{ max})$$

Kuat geser yang disumbangkan tulangan geser (begel) :

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_c - \phi V_c$$

$$= 711.675,74 \text{ N} - 533.756,80 \text{ N}$$

$$= 177.918,93 \text{ N}$$

Bila dipasang tulangan sengkang D13, maka :

$$A_v = 2 \times 1/4 \times \pi \times 13^2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi V_s} = \frac{0,75 \times 265,46 \times 400 \times 634,5}{177.918,93} = 284 \text{ mm}$$

Spasi maksimum S_o sesuai dengan SIN 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2, tidak boleh melebihi :

$$s \leq 8 \times D = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$s \leq 24 \times \phi = 24 \times 13 = 312 \text{ mm}$$

$$s \leq 1/2 \times b_w = 1/2 \times 700 = 350 \text{ mm}$$

$$s \leq 300 \text{ mm}$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}$

Dipakai tulangan sengkang 4D13-200.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan tulangan confinement (Ash) ; 4D13-100. Oleh karena kolom merupakan elemen non SPBL, maka dipakai tulangan geser yang di

akibatkan beban lentur saja. Maka dipakai tulangan sengkang 4D13-150.

6. Panjang Lewatan Kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan dari SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3.

Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir, yang dihitung dengan rumus :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\left(\frac{Cb + Ktr}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$\lambda = 1,0$$

$$\psi_t = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

Nilai $\left(\frac{Cb + Ktr}{d_b} \right)$ tidak boleh melebihi 2,5 \rightarrow dipakai 2,5

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{35}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{2,5} \right) \times 25$$

$$= 614,66 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang lewatan} = 1,3 \times l_d \text{ (SNI 03-2847-2013 ps. 12.15.1)}$$

$$= 1,3 \times 614,66 \text{ mm}$$

$$= 799 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

4.5.2.2 Perhitungan Kolom Eksterior K2

1. Penulangan Lentur Kolom Eksterior K2

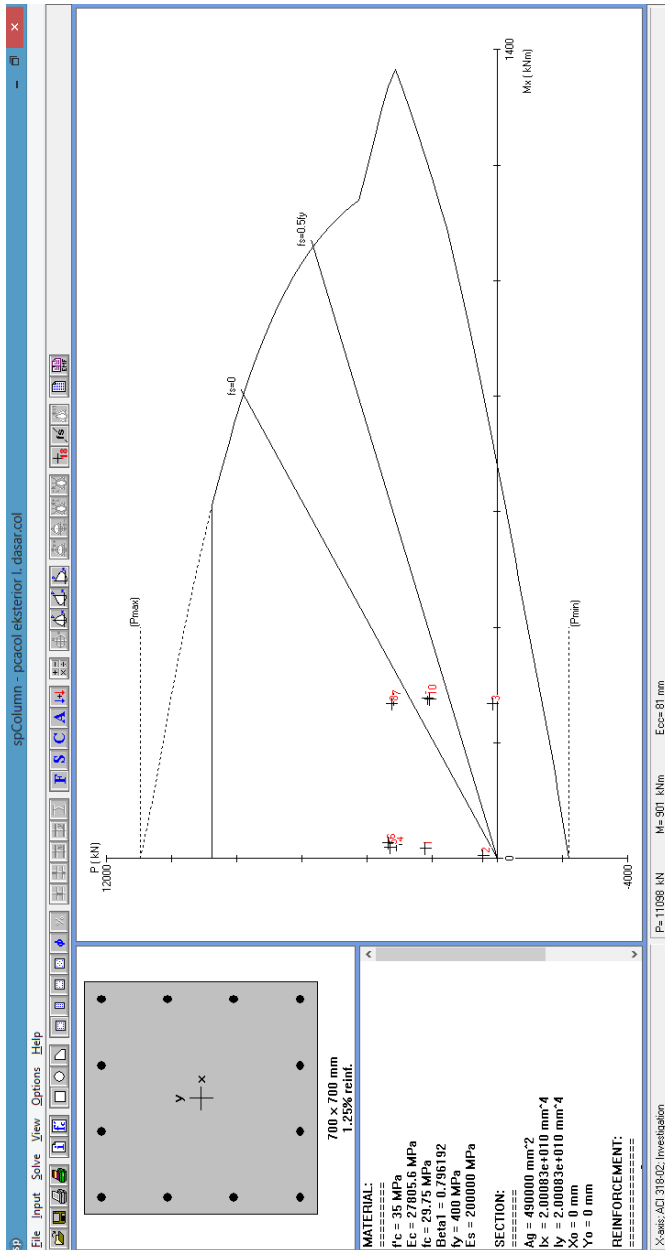
Sebagai contoh perhitungan diambil kolom As A/5 (Frame 66) yang memiliki beban maksimum pada baris kolom eksterior.

Tabel 4.27 Gaya aksial dan momen pada kolom eksterior lantai dasar

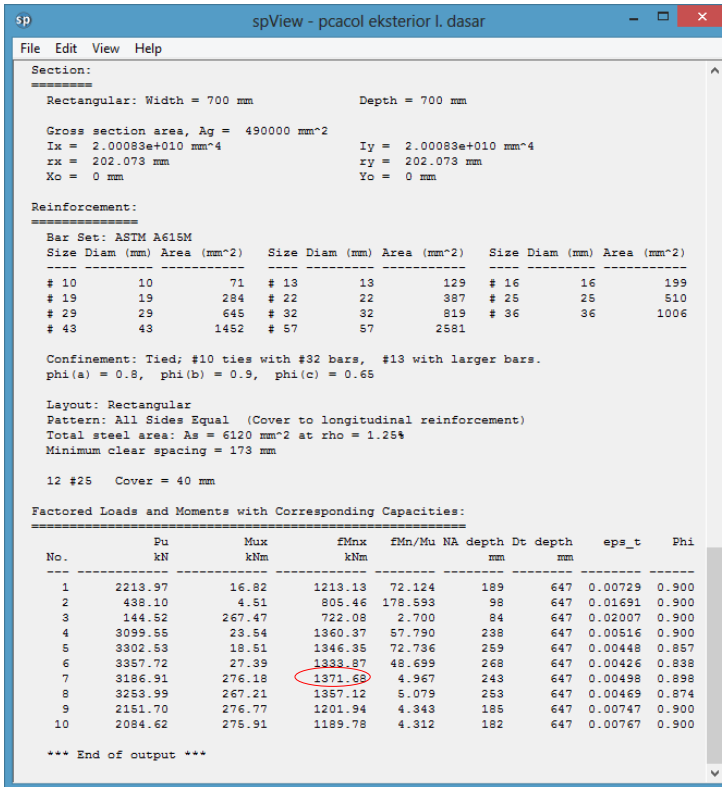
No	Kombinasi	Axial (KN)	Momen (KN.m)
-	Mati (DL)	2082.54	15.46
-	Hidup (LL)	438.10	4.51
-	Gempa (RSY)	173.035	318.915
1	1.4DL	2915.55	21.65
2	1.0DL+1.0LL	2520.64	19.97
3	1.2DL+1.6LL	3200.01	25.77
4	1.2DL+1.0LL+1.0EX+0.3EY	3042.93	306.72
5	1.2DL+1.0LL+1.0EY+0.3EX	3126.34	322.77
6	0.9DL+1.0EY+0.3EX	1980.06	306.46
7	0.9DL+1.0EY+0.3EX	2063.48	331.92

Tabel 4.28 Gaya aksial dan momen pada kolom eksterior lantai 1

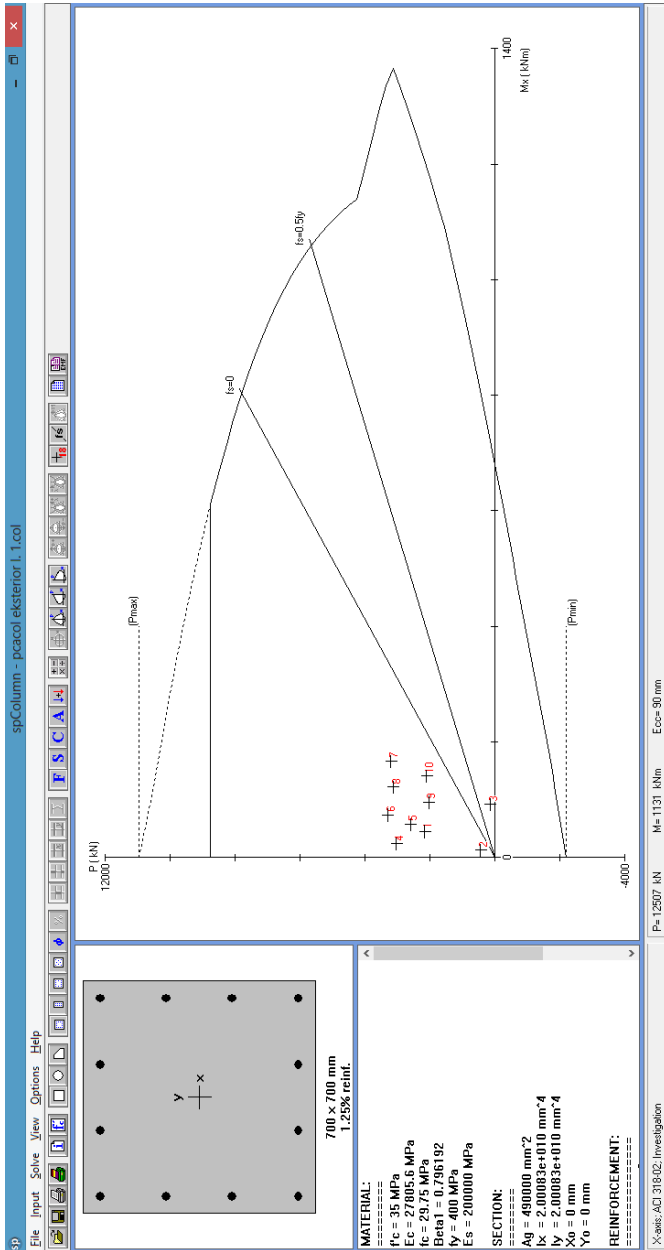
No	Kombinasi	Axial (KN)	Momen (KN.m)
-	Mati (DL)	2036.35	41.62
-	Hidup (LL)	438.10	12.20
-	Gempa (RSY)	173.035	109.24
1	1.4DL	2850.90	58.26
2	1.0DL+1.0LL	2605.89	57.48
3	1.2DL+1.6LL	3144.59	69.46
4	1.2DL+1.0LL+1.0EX+0.3EY	2987.51	125.61
5	1.2DL+1.0LL+1.0EY+0.3EX	3070.92	180.59
6	0.9DL+1.0EY+0.3EX	1938.5	100.925
7	0.9DL+1.0EY+0.3EX	2021.91	155.91



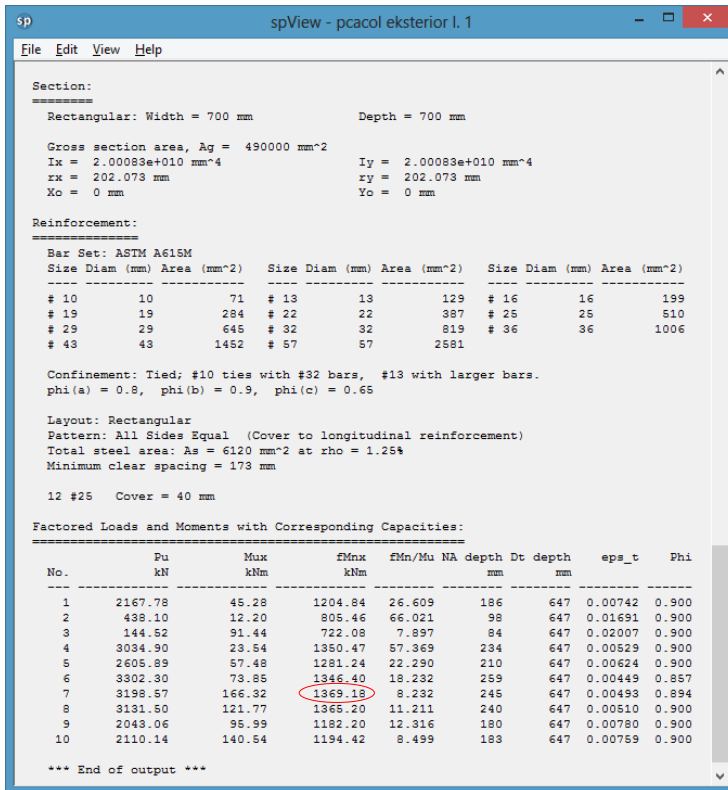
Gambar 4.46 Diagram interaksi momen dan aksial kolom eksterior kombinasi lantai dasar



Gambar 4.47 Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (Mpr) dari kolom eksterior kombinasi lantai dasar



Gambar 4.48 Diagram interaksi momen dan aksial kolom eksterior kombinasi lantai 1



```

spView - pccol eksterior I. 1
File Edit View Help

Section:
=====
Rectangular: Width = 700 mm          Depth = 700 mm

Gross section area, Ag = 490000 mm^2
Ix = 2.00083e+010 mm^4              Iy = 2.00083e+010 mm^4
rx = 202.073 mm                    ry = 202.073 mm
Xo = 0 mm                          Yo = 0 mm

Reinforcement:
=====
Bar Set: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)  Size Diam (mm) Area (mm^2)  Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10       71    # 13      13      129    # 16      16      199
# 19      19      284    # 22      22      387    # 25      25     510
# 29      29      645    # 32      32      819    # 36      36    1006
# 43      43     1452    # 57      57     2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to longitudinal reinforcement)
Total steel area: As = 6120 mm^2 at rho = 1.25%
Minimum clear spacing = 173 mm

12 #25  Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:
=====
No.      Pu      Mux      fMnx      fMn/Mu NA depth Dt depth  eps_t  Phi
-----
1      2167.78    45.28    1204.84    26.609    186    647    0.00742  0.900
2      438.10     12.20    905.46    66.021    98    647    0.01691  0.900
3      144.52     91.44    722.08    7.897     84    647    0.02007  0.900
4      3034.90    23.54    1350.47    57.369    234    647    0.00529  0.900
5      2605.89    57.48    1281.24    22.290    210    647    0.00624  0.900
6      3302.30    73.85    1346.40    18.232    259    647    0.00449  0.857
7      3198.57    166.32    1369.18    8.232     245    647    0.00493  0.894
8      3131.50    121.77    1365.20    11.211    240    647    0.00510  0.900
9      2043.06     95.99    1182.20    12.316    180    647    0.00780  0.900
10     2110.14    140.54    1194.42     8.499    183    647    0.00759  0.900

*** End of output ***

```

Gambar 4.49 Hasil nilai momen maksimum yang mungkin terjadi (Mpr) dari kolom eksterior kombinasi lantai 1

Berdasarkan kombinasi beban diatas, ternyata untuk semua kolom eksterior memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 12D25 ($\rho = 1.25\%$) seperti pada hasil perhitungan dengan program bantu sPColumn pada Gambar 6.9 dan 6.11 Kebutuhan prosentase ρ tersebut telah memenuhi syarat SNI 03-2847-2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1% - 8% telah terpenuhi.

Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu sPColumn, didapat hasil akhirnya sebagai berikut :

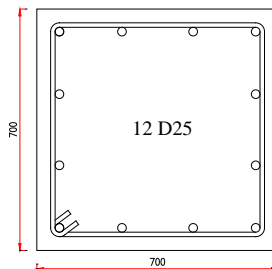
Rasio Tulangan Longitudinal : 1.25%

Penulangan 12D25 ($A_s = 5890.50 \text{ mm}^2$)

$A_g = 0.49 \times 10^6 \text{ mm}^2$

$I_x = 2.00 \times 10^{10} \text{ mm}^4$

$I_y = 2.00 \times 10^{10} \text{ mm}^4$



Gambar 4.50 Tulangan lentur kolom eksterior yang terpasang (mm)

Komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang tidak melebihi $A_g f'_c / 10$, harus memenuhi ketentuan pada pasal 21.5.2.1 dan 21.5.3.4 spasi sengkang diseluruh panjang komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$.

Sedangkan bila komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang melebihi $A_g f'_c / 10$, harus memenuhi ketentuan pada pasal 21.6.3.1, 21.6.4.2 dan 21.6.4.5

$$A_g f'_c / 10 = (700 \times 700) 35 / 10 = 1715000 \text{ N} \\ = 1715 \text{ KN}$$

$$P_u = 3200.01 \text{ KN} > A_g f'_c / 10 = 1715 \text{ KN}$$

Cek Syarat Tulangan Memanjang (SNI-03-2847-2013-ps. 21.6.3.1)

$$A_{st} > 0.01 A_g \\ 5890.50 \text{ mm}^2 > 4900 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned} & A_{st} < 0.06 A_g \\ & 5890.50 \text{ mm}^2 < 29400 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

2. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Eksterior Terhadap Beban Aksial Terfaktor.

Dalam SNI 03-284-2013 ps.10.3.7, menyebutkan bahwa beban aksial terfaktor P_u dengan eksentrisitas yang ada tidak boleh melampaui nilai yang diberikan dalam pasal 10.3.6.2 :

$$\begin{aligned} \phi P_{n(\max)} &= 0.80 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ \phi P_{n(\max)} &= 0.8x0.65 [0.85x35x(490000 - 5890.5) + 400x5890.5] \\ \phi P_{n(\max)} &= 8.714.398,0N > P_u = 3.200.010,0N \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

3. Penulangan Geser Kolom Eksterior K2

Tulangan transversal disediakan dengan sengkang persegi, Dimana luas penampang total tulangan sengkang (A_{sh}) harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013 ps.21.6.4.4:

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0.3x \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{(A_{ch})} \right) - 1 \right] \\ A_{sh} &= 0.09x \frac{s b_c \cdot f'_c}{f_{yt}} \end{aligned}$$

Dimana s harus sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.3

S diambil terkecil dari :

- $S \leq \frac{1}{4} l_o = \frac{1}{4} x 700 = 175 \text{ mm}$
 - $S \leq 6D = 6 x 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
 - $S \leq 150 \text{ mm}$
- Diambil $\leq = 100 \text{ mm}$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} A_{sh} &= 0.3x \frac{100(700 - 2x40)35}{400} \left[\left(\frac{700x700}{(700 - 2x40)x(700 - 2x40)} \right) - 1 \right] \\ A_{sh} &= 383.23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{sh} = 0.09 \times \frac{100(700 - 2 \times 40)35}{400}$$

$$A_{sh} = 488.25 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Maka dipakai 4D13-100 ($A_s = 530.93 \text{ mm}^2$)

Pengekang dipasang sepanjang l_o dari hubungan pelat kolom (SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.1) yaitu :

- $l_o \geq h = 700 \text{ mm}$
- $l_o \geq 1/6 l_n = 1/6 \times (4000 - 320) = 613.33 \text{ mm}$
- $l_o \geq 450 \text{ mm}$
- Diambil $l_o = 700 \text{ mm}$

4. Tulangan Transversal untuk Geser

Gaya geser rencana V_c untuk kolom harus ditentukan menggunakan gaya-gaya pada muka hubungan pelat kolom pada kolom interior dan kolom eksterior, yaitu momen maksimum M_{pr} . Hasil ini tidak boleh kurang dari V_u hasil dari analisa struktur.

Secara konservatif M_{pr} ditentukan sebesar momen balance dari program interaksi pada Gambar 6.10 dan 6.12

$$M_{pr} \text{ (lantai dasar)} = 1371.68 \text{ KNm}$$

$$M_{pr} \text{ (lantai 1)} = 1369.18 \text{ KNm}$$

Kuat Geser di Ujung Kolom :

Gaya geser di ujung kolom akibat momen lentur :

$$V_c = \frac{M_{pr_{atas}} + M_{pr_{bawah}}}{l_n} = \frac{1371.68 + 1369.18}{(4000 - 320)/1000} = 744.80 \text{ KN}$$

$$V_u \text{ hasil analisis struktur} = 70.68 \text{ KN}$$

$$V_c > V_u \text{ analisa struktur OK}$$

Karena $P_u > A_g f'_c / 10$, maka :

Kekuatan geser beton untuk komponen struktur yang terkena beban aksial berlaku pasal 21.13.3.2 SNI 03-2847-2013.

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w d \quad \text{dengan} \quad \left(\frac{N_u}{A_g} \right) \text{ dinyatakan dalam}$$

MPa

$$d = 700 - 40 - 13 - 1/2 \times 25 = 634.5 \text{ mm}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{3357.72 \times 10^3}{14 \times 490000} \right) \left(\frac{\sqrt{35}}{6} \right) 700 \times 634.5 = 658.504,60 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0.75 \times 658.504,60 \text{ N} = 493.878,45 \text{ N} = 493,88 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= 1/3 \times h \times d \\ &= 1/3 \times 700 \times 634,5 \\ &= 148050 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= 1/3 \times f'_c \times h \times d \\ &= 1/3 \times 35 \times 700 \times 634,5 \\ &= 5181750 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset(V_c + V_s \text{ min}) &= 0.75(609599.21 + 148050) \\ &= 568236.91 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset(V_c + V_s \text{ max}) &= 0.75(609599.21 + 5181750) \\ &= 4343511.91 \text{ N} \end{aligned}$$

5. Cek Keperluan Tulangan Geser

$$\emptyset(V_c + V_s \text{ min}) < V_c < \emptyset(V_c + V_s \text{ max})$$

Kuat geser yang disumbangkan tulangan geser (begel) :

$$\begin{aligned} \emptyset V_s \text{ perlu} &= V_c - \emptyset V_c \\ &= 658.504,60 \text{ N} - 493.878,45 \text{ N} \\ &= 164.626,15 \text{ N} \end{aligned}$$

Bila dipasang tulangan sengkang 2D13, maka :

$$A_v = 2 \times 1/4 \times \pi \times 13^2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi V_s} = \frac{0,75 \times 265.64 \times 400 \times 634,5}{164.626,15} = 307 \text{ mm}$$

Spasi maksimum S_o sesuai dengan SIN 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2, tidak boleh melebihi :

$$s \leq 8 \times D = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$s \leq 24 \times \emptyset = 24 \times 13 = 312 \text{ mm}$$

$$s \leq 1/2 \times b_w = 1/2 \times 700 = 350 \text{ mm}$$

$$s \leq 300 \text{ mm}$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}$

Dipakai tulangan sengkang 4D13-100.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan tulangan confinement (Ash) ; 4D13-100. Oleh karena kolom merupakan elemen non SPBL, maka dipakai tulangan geser yang di akibatkan beban lentur saja. Maka dipakai tulangan sengkang 4D13-200.

6. Panjang Lewatan Kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan dari SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3.

Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir, yang dihitung dengan rumus :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\left(\frac{Cb + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$\lambda = 1,0$$

$$\psi_t = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

Nilai $\left(\frac{Cb + K_{tr}}{d_b} \right)$ tidak boleh melebihi 2,5 \rightarrow dipakai 2,5

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \sqrt{35}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{2,5} \right) \times 25 = 614,66 \text{ mm}$$

Panjang lewatan = 1,3 x l_d (SNI 03-2847-2013 ps. 12.15.1)

$$= 1,3 \times 614,66 \text{ mm}$$

$$= 799 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$$

Tabel 4.29 Rekapitulasi Penulangan kolom

Tipe Kolom	Tulangan Memanjang	Tulangan Geser	
		Plastis	4D13-100
K1	12D25	Non plastis	4D13-200
		Plastis	4D13-100
K2	12D25	Plastis	4D13-100
		Non plastis	4D13-150

4.6 Perencanaan Struktur Bawah

4.6.1 Umum

Pondasi merupakan komponen struktur bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah yang diterima dari kolom. Struktur pondasi sangat penting mengingat sebagai struktur terbawah dan menahan beban struktur di atasnya.

Pondasi yang digunakan pada gedung Hotel PKPRI Trunojoyo ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *prestressed concrete spun piles* produk dari PT. Jaya Beton Indonesia, dengan kedalaman tiang direncanakan 19 m. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter : 500 mm
- Tebal : 90 mm
- Type : AB
- Allowable axial : 178 ton
- Bending Momen *crack* : 12,5 ton m
- Bending Momen ultimate : 18,8 ton m

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000, diambil output reaksi perletakan yang terbesar dengan hasil ialah sebagai berikut (dalam hal ini, nilai beban yang dimasukkan bukanlah beban ultimate, tetapi beban awal sebelum ditambah faktor beban) :

Pada Frame 73 As 4/C , Akibat beban :

1DL+1LL

P : 319.359,16 kg

M_x : 1.766,85 kgm

M_y : 72.19 kgm

H_x : 7.8 kg

H_y : 1.111,51 kg

4.6.2 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Data yang diperoleh dan yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil Standard Penetration Test (SPT). Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_P) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_S). Perhitungan daya dukung tanah memakai metode Luciano Decourt (1982) :

$$Q_L = Q_P + Q_S \dots\dots\dots 7.1$$

Dimana :

Q_L = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = resistance ultimate di dasar tiang

Q_S = resistance ultimate akibat lekatan lateral

$$Q_P = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \dots\dots\dots 7.2$$

$$Q_S = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s \dots\dots\dots 7.3$$

Dimana :

N_p = harga rata-rata SPT pada 4D pondasi di bawah dan di atasnya.

K = koefisien karakteristik tanah

A_p = luas penampang dasar tiang

N_s = rata-rata SPT sepanjang tiang tertanam, dengan batasan
 $3 \leq N \leq 50$

A_s = luas selimut tiang

$$N_p = \frac{59+45+43}{3} = 49$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0,5^2 = 0,196 \text{ m}^2$$

$K = 20 \text{ t/m}^2$ (untuk tanah dominan lanau-lempung)

$$Q_P = N_p \times K \times A_p = 49 \times 20 \times 0,196 = 192,423 \text{ ton}$$

$$N_s = 30$$

$$A_s = H \times \pi \times D^2 = 19 \times \pi \times 0,5^2 = 14,923 \text{ m}^2$$

$$Q_S = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s = \left(\frac{30}{3} + 1 \right) \times 14,923 = 164,148 \text{ ton}$$

$$Q_L = Q_P + Q_S = 192,423 + 164,148 = 356,571 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{Q_p}{SF} = \frac{356,571}{3} = 118,857 \text{ ton}$$

Rencana jumlah tiang pancang

$$n = \frac{P_n}{P_u} = \frac{319.359,16 \text{ kg}}{118.857,00 \text{ kg}} = 2,70 = 4 \text{ buah.}$$

4.6.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 50 cm. Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan di bawah ini :

Untuk jarak antar tiang pancang :

$$2,5 D \leq S \leq 3 D$$

$$2,5 \times 50 \leq S \leq 3 \times 50$$

$$125 \leq S \leq 150$$

Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$1,5 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1,5 \times 50 \leq S_1 \leq 2 \times 50$$

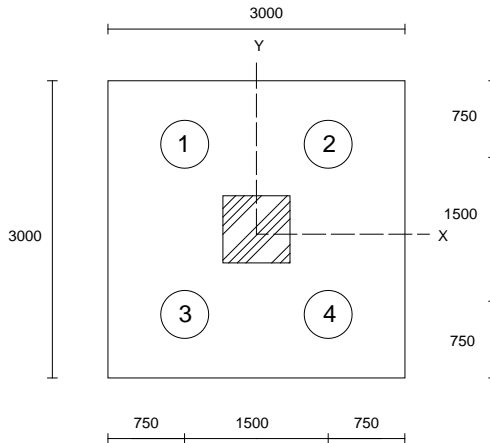
$$75 \leq S_1 \leq 100$$

dimana : S = jarak antar tiang pancang

S_1 = jarak tiang pancang ke tepi

Dipakai : jarak antar tiang pancang (S) = 150 cm

jarak tepi tiang pancang (S_1) = 75 cm



Gambar 4.51 Konfigurasi Rencana Tiang Pancang

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta \dots\dots\dots 7.4$$

$$\eta = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{d}{s}\right)}{90} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \dots\dots\dots 7.5$$

Dimana :

m = Jumlah baris tiang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang dalam grup

d = Diameter sebuah tiang pondasi

s = Jarak as ke as tiang dalam grup

Efisiensi :

Tiang pancang interior

$$\eta = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{500}{1500}\right)}{90} \cdot \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0.795$$

$$Q_L (\text{group}) = 118.857,00 \times 4 \times 0.795 = 377.965,26 \text{ kg}$$

Perhitungan beban aksial maksimum pada pondasi kelompok

a. Reaksi kolom = 347.646,32 kg

b. Berat Pile Cap = $3.00 \times 3.00 \times 1 \times 2400 = 21600,00 \text{ kg}$

Berat total (P) = 296.803,81 kg

$Q_L (\text{group}) = 377.965,26 \text{ kg} > P = 369.246,32,81 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$

4.6.4 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (P_{max})

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{V}{n} + \frac{M_y X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin} \text{ (1 tiang)} \dots\dots\dots 7.6$$

$$P_{max} = \frac{319.359,16}{4} + \frac{72.19 \times 0,75}{4 \times 0,75^2} + \frac{1.766,85 \times 0,75}{4 \times 0,75^2}$$

$$80.033,75 \text{ kg} \leq (118.857,00 \times 0,795) = 94.491,00 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

4.6.5 Kontrol Kekuatan Tiang

Dari spesifikasi “Beton Jaya Indonesia” direncanakan tiang pancang beton dengan :

- Diameter : 500 mm
- Tebal : 90 mm
- Type : AB
- Allowable axial : 178 ton
- Bending Momen crack : 12,5 ton m
- Bending Momen ultimate : 18,8 ton m

4.6.5.1 Kontrol Terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 50 cm kelas AB pada Beton Jaya Indonesia, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 178 ton.

$$P_{max} = 80,03 \text{ ton} < P_{ijin} = 178 \text{ ton} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

4.6.5.2 Kontrol Terhadap Gaya Momen

Perumusan yang dipakai diambil dari buku “Daya Dukung Pondasi Dalam (Herman Wahyudi)” :

$$M_{max} = H (e + 1,5d + 0,5f) \dots\dots\dots 7.7$$

$$f = \frac{H}{9C_u d} \dots\dots\dots 7.8$$

Dimana:

H = Lateral Load

e = jarak antara lateral load (H) dengan muka tanah

d = diameter pondasi

dari lampiran data tanah di ketahui $q_u = 0,24 \text{ kg/cm}^2$

$$C_u = \frac{1}{2} q_u = \frac{1}{2} 0,24 = 0,12$$

$$f = \frac{H}{9C_u d} = 0.805$$

$$M = M_{\max} = 4.236,95. (0 + 1,5(0,5) + 0,5(0,805)) \\ = 4,88 \text{ tm}$$

Untuk diameter 50 cm kelas AB pada Jaya Beton Indonesia
, momen tidak diperkenankan melebihi $M_{\text{crack}} = 12,5 \text{ tm}$.

Cek kekuatan momen tiang :

$$M_{\text{crack}} = 12,5 \text{ tm} > M = 4,88 \text{ tm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

4.6.6 Perancangan Pile Cape

Pile Cape dirancang untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu pile cape harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

1. Data Perancangan Pile Cape :

- P = 319.359,16 kg
- P_{\max} (1 tiang) = 80.033,75 kg
- Σ tiang pancang tiap group = 4 bh
- Dimensi kolom = $700 \times 700 \text{ mm}^2$
- Dimensi Pile Cape = $(3,00 \times 3,00 \times 1) \text{ m}^3$
- Mutu beton (f'_c) = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 70 mm
- Tinggi efektif (d) :

$$d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} \times 22 = 919 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 22 - \frac{1}{2} \times 22 = 897 \text{ mm}$$

2. Perencanaan Tebal Pile Cape

Pada perencanaan awal pondasi, dimana H Pile Cape rencana disini memakai tebal 1,0 m dan dengan tebal seperti itu dilakukan pengecekan ketebalan. Menentukan H Pile Cape dalam perhitungannya sangat berpengaruh nantinya pada penulangan geser poer. Berikut perhitungan tebal poer :

a. Reaksi perlawanan tanah :

$$q_t = \frac{P}{A_{\text{poer}}} = \frac{319,36}{3,0 \times 3,0} = 35,48 \text{ ton/m}^2 = 0,355 \text{ N/mm}^2$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar diantara keduanya).

b. Geser Satu Arah Pada Pile Cape

Luasan tributari $A_t(\text{mm}^2)$

$$A_t = \frac{3000 - 700 - 2d}{2} \times 3000$$

$$= 3450000 - 3000 d$$

Beban Gaya Geser $V_u(\text{N})$

$$V_u = q_t \times A_t$$

$$= 0,355 \times (3450000 - 3000d)$$

$$= 1128150 - 981 d$$

Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton $V_c(\text{N})$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

SNI 03-2847-2002 Ps 13.8.6

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \times \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 3000 \times d \geq 1128150 - 981 d$$

$$2218,53 d \geq 1128150 - 981 d$$

$$3199,53 d \geq 1128150$$

$$d \geq 352,60 \text{ mm}$$

c. Geser Dua Arah Pada Pile Cape

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, ps1 13.12(2) poin (a), (b), dan (c), untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

β_c = $700/700 = 1$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12}$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$ untuk kolom dalam

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Luasan tributari A_t (mm²)

$$\begin{aligned} A_t &= [b_w \times h_w] - [(h_{\text{kolom}} + d) \times (b_{\text{kolom}} + d)] \\ &= [3000 \times 3000] - [(700 + d) \times (700 + d)] \\ &= [9000000] - [490000 - 700d - 700d - d^2] \\ &= -d^2 - 1400d + 8510000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,355 \times (-d^2 - 1400d + 8510000) \\ &= -0,355 d^2 - 457.8 d + 2782770 \end{aligned}$$

SNI 03-2847-2002, ps1 13.12(2) poin (a),

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot (2 \cdot (700 + 700) + 4d) \times d \\ &= 2,96d \cdot (2800 + 4d) \\ &= 8288d + 11.84 d^2 \end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$8288d + 11,84 d^2 \geq -0,327 d^2 - 457.8 d + 2782770$$

$$12.167 d^2 + 8745.8 d - 2782770 \geq 0$$

$$d^2 + 701.52 d - 223210,88 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-701.52 \pm \sqrt{(701.52^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-223210,88))}}{2 \cdot 1}$$

$$d \geq 226.35 \text{ mm}$$

SNI 03-2847-2002, psl 13.12(2) poin (b),

$$\begin{aligned} V_c &= \left[\frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2 \right] \frac{\sqrt{f'c} \times bo \times d}{12} \\ &= \left[\frac{40 \times d}{2800 + 4d} + 2 \right] \frac{\sqrt{35} \times (2800 + 4d) \times d}{12} \\ &= 2951,2 d + 25,3 d^2 \end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$2951,2 d + 25,3 d^2 \geq -0,327 d^2 - 457.8 d + 2782770$$

$$25,627 d^2 + 3409 d - 2782770 \geq 0$$

$$d^2 + 133.02 d - 108587.43 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-133,02 \pm \sqrt{(133.02^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-108587,43))}}{2 \cdot 1}$$

$$d \geq 269.66 \text{ mm}$$

SNI 03-2847-2002, psl 13.12(2) poin (c),

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{3} \sqrt{35} \times (2.800 + 4d) \times d \\
&= 5.521,67 d + 7,888 d^2
\end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$5.521,67 d + 7,888 d^2 \geq -0,327 d^2 - 457.8 d + 2782770$$

$$8,215 d^2 + 5979.47 d - 2782770 \geq 0$$

$$d^2 + 727.87 d - 338742.54 \geq 0$$

$$\begin{aligned}
d_{1,2} &\geq \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4 \cdot a \cdot c)}}{2a} \\
d_{1,2} &\geq \frac{-727.87 \pm \sqrt{(727,87^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-338742.54))}}{2 \cdot 1} \\
d &\geq 322.50 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Diambil $d = 322.50 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
\text{Dipakai } h &= (\text{tebal selimut} + D \text{ tulangan lentur poer} + \\
&\quad 1/2 D \text{ tulangan Poer}) + d \text{ rencana} \\
&= 70 + 22 + (22/2) + 352.60 \\
&= 455.60 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$h \text{ poer dipakai} = 800 \text{ mm}$

3. Perhitungan Penulangan Pile Cape

Pada penulangan lentur Pile Cape dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . perhitungan gaya dalam pada Pile Cape diperoleh dengan mekanika statis tertentu.

1 Data-Data Perencanaan :

Dimensi poer (B x L)	= 3000 x 3000 mm
Tebal Pile Cape (t)	= 800 mm
Diameter tulangan utama	= D 22 mm

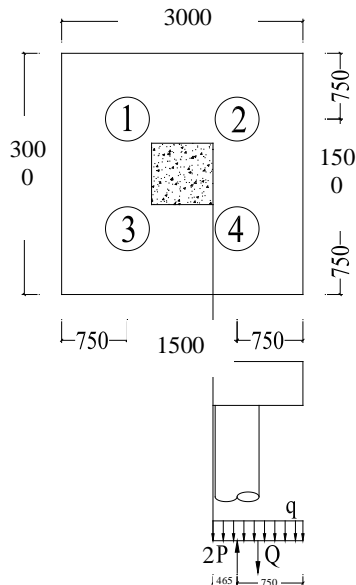
Tebal selimut beton = 70 mm

Tinggi efektif balok Pile Cape

$$\text{Arah x (dx)} = 800 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 719 \text{ mm}$$

$$\text{Arah y (dy)} = 800 - 70 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 697 \text{ mm}$$

2. Penulangan Arah X



Gambar 4.52 Mekanika Gaya pada Pile Cape Arah X

a = jarak as tiang pancang ke tepi kolom+selimut kolom

+db sengkang + $\frac{1}{2}$ db kolom

$$= 400 + 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25 = 465.5 \text{ mm}$$

b = jarak as tiang ke tepi poer = 750 mm

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada Pile Cape adalah :

$$q_u = \text{Berat poer} = 3.0 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 = 5.76 \text{ t/m}$$

$$Q = q_u \times l$$

$$= 5.76 \text{ t/m} \times 1.0 \text{ m}$$

$$= 5.76 \text{ ton} = 5760 \text{ kg}$$

$$P_{\text{max}} = 80.033,75 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada Pile Cape adalah :

$$\begin{aligned}
 Mu &= MQ + MP \\
 &= -(Q \times \frac{1}{2} l^2) + (2 \times P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\
 &= -(5.76 \times \frac{1}{2} \cdot 1.2155^2 \text{ m}) + (2 \times 80,033 \times 0,4655 \text{ m}) \\
 &= 67.716 \text{ tm} \\
 &= 67.716 \times 10^7 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{67.716 \times 10^7}{0,8} = 846.449.088,5 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{846.449.088,5}{1000 \times 719^2} = 1.64$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 11,445$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 &= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0379
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0379 = 0,0284
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1.64}{400}} \right) = 0,0037
 \end{aligned}$$

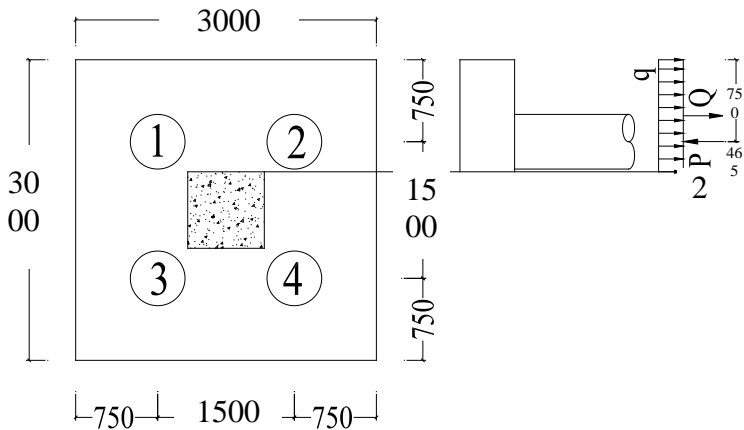
$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0037$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0037$$

$$\begin{aligned}
 As &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,0037 \times 1000 \times 719 \\
 &= 2660.3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D19 – 100 ($As = 2835.30 \text{ mm}^2$)

3. Penulangan Arah Y



Gambar 4.53 Mekanika Gaya pada Pile Cape Arah Y

a = jarak as tiang pancang ke tepi kolom+selimut kolom
 +db sengkang + $\frac{1}{2}$ db kolom
 $= 400 + 40 + 13 + \frac{1}{2} \times 25 = 465.5 \text{ mm}$

b = jarak as tiang ke tepi Pile Cape = 750 mm

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut:

Pembebanan yang terjadi pada Pile Cape adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{Berat poer} = 3.0 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\ &= 5.76 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 5.76 \text{ t/m} \times 1.0 \text{ m} \\ &= 5.76 \text{ ton} = 5760 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\text{max}} = 80.033,75 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada Pile Cape adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= M_Q + M_P \\ &= -(Q \times \frac{1}{2} l^2) + (2 \times P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\ &= -(5.76 \times \frac{1}{2} \times 1.2155^2 \text{ m}) + (2 \times 80.033,75 \times 0.465 \text{ m}) \\ &= 67.716 \text{ tm} \\ &= 67.716 \times 10^7 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{67.716 \times 10^7}{0,8} = 846.449.088,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{846.449.088,5}{1000 \times 719^2} = 1,64$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 11,445$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} = 0,0379 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0379 = 0,0284 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,445 \times 1,64}{400}} \right) = 0,0037 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0037$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0037$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 1000 \times 719 \\ &= 2660,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D19 – 100 ($A_s = 2835,30 \text{ mm}^2$)

4.6.7 Perancangan Sloof

Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban – beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat

sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

4.6.7.1 Data – Data Perencanaan :

$$P_u = 427.323,43 \text{ Kg} = 4.273.234,3 \text{ N}$$

$$\text{Dimensi sloof} : \quad b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$A_g = 350000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Mutu bahan} : \quad f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut Beton} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \text{D19}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \text{D10}$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 700 - (70 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19) = 610,5 \text{ mm}$$

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{r_{ijin}} = 0,70 \cdot \sqrt{f'_c} = 0,70 \times \sqrt{35} = 4,141 \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.2.3)

$$P_u = 10\% P_u \text{ kolom} = 10\% \times 4.273.234,3 = 427.323,43 \text{ N}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{427.323,43}{0,80 \times 500 \times 700} = 1,53 \text{ Mpa} < f_{r_{ijin}} \quad \text{OK}$$

4.6.7.2 Penulangan Lentur

Penulangan tie beam didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom.

Beban-beban yang terjadi pada tie beam :

1. Beban Mati

$$\text{- Berat sendiri tie beam} = 0,5 \times 0,7 \times 2400 = 840 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 4 \text{ m} \times 250 = 1000 \text{ kg/m} +$$

$$q_d = 1840 \text{ kg/m}$$

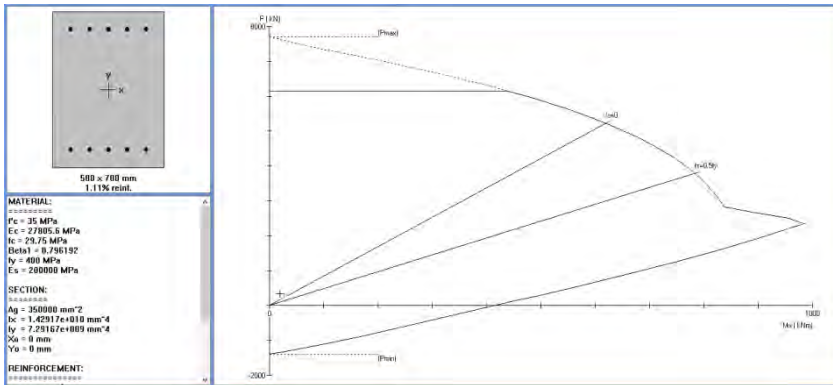
2. Beban Ultimate

$$q_u = 1.4 \times q_d = 1.4 \times 1840 = 2576 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang sloof} &= (\text{panjang bentang} - \text{lebar poer}) + \text{daerah penjepitan} \\ &= 6 - 3.00 = 3.00 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= 1/12 \times 2576 \text{ kg/m} \times 3,00^2 \\ &= 1932 \text{ kgm} = 19,32 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Gambar 4.54 Diagram Interaksi Aksial vs Momen Pada Sloof
Dari diagram interaksi di atas , didapat tulangan lentur =
10 D 22 ;($\rho = 1,11 \%$).

4.6.7.3 Penulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \times 2576 \times 3.0 \\ &= 3864 \text{ kg} = 38640 \text{ N} \end{aligned}$$

Geser yang terjadi :

$$V_c = 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times dx \left[1 + \frac{Nu}{14.Ag} \right]$$

$$= 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 500 \times 610,5 \left[1 + \frac{38640}{14 \times 500 \times 700} \right]$$

$$= 606.708,01 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 606.708,01 = 455.031,00 \text{ N} > V_u = 38.640 \text{ N}$$

Karena $V_u < \phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan praktis dengan jarak maksimum, $\frac{d}{2} =$

$$\frac{610,5}{2} = 305,25 \text{ mm. Digunakan tulangan geser D10-200.}$$

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan-perhitungan yang telah terpapar pada bab-bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sesuai dengan tujuan penulisan Tugas Akhir ini yaitu penulis dapat merencanakan modifikasi gedung hotel PKPRI Trunojoyo Sampang 10 lantai dengan menggunakan sistem *flat slab* dengan hasil sebagai berikut:

1. Hasil Perencanaan Struktur :
 - a. Tebal Pelat :
 - Pelat Lantai Atap didapatkan 150 mm dan tebal drop panel 120 mm
 - Pelat Lantai didapatkan 200 mm dan tebal *drop panel* 120 mm
 - b. Dimensi kolom 700 mm x 700 mm
 - c. Sloof menggunakan dimensi 500 mm x 700 mm
 - d. Dimensi Pile cape 3000 mm x 3000 mm dengan tiang pancang yang digunakan adalah tipe lingkaran berdiameter 50 cm.
2. Dari hasil analisa struktur didapatkan struktur gedung mampu menahan beban gempa rencana pada kategori desain seismik D ditunjukkan dengan pemenuhan syarat :
 - a. Struktur tidak dibatasi untuk menggunakan sistem struktur “ Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus” (SRPMK) dengan $R = 8$.
 - b. Kontrol partisipasi massa pada mode 7 dan 8 telah mencapai 93.40 % dan 93.70 %.
 - c. Kontrol nilai akhir respon spectrum V_{dinamik} arah x sebesar 146.158,38 kg dan arah y 146.078,75 kg.

- d. Kontrol drift (simpangan) yaitu tidak boleh melebihi 60 mm.
 - e. Kontrol waktu getar alami (T) sebesar 1.557 detik.
3. Rancangan akhir berupa gambar terlampir.

5.2 Saran

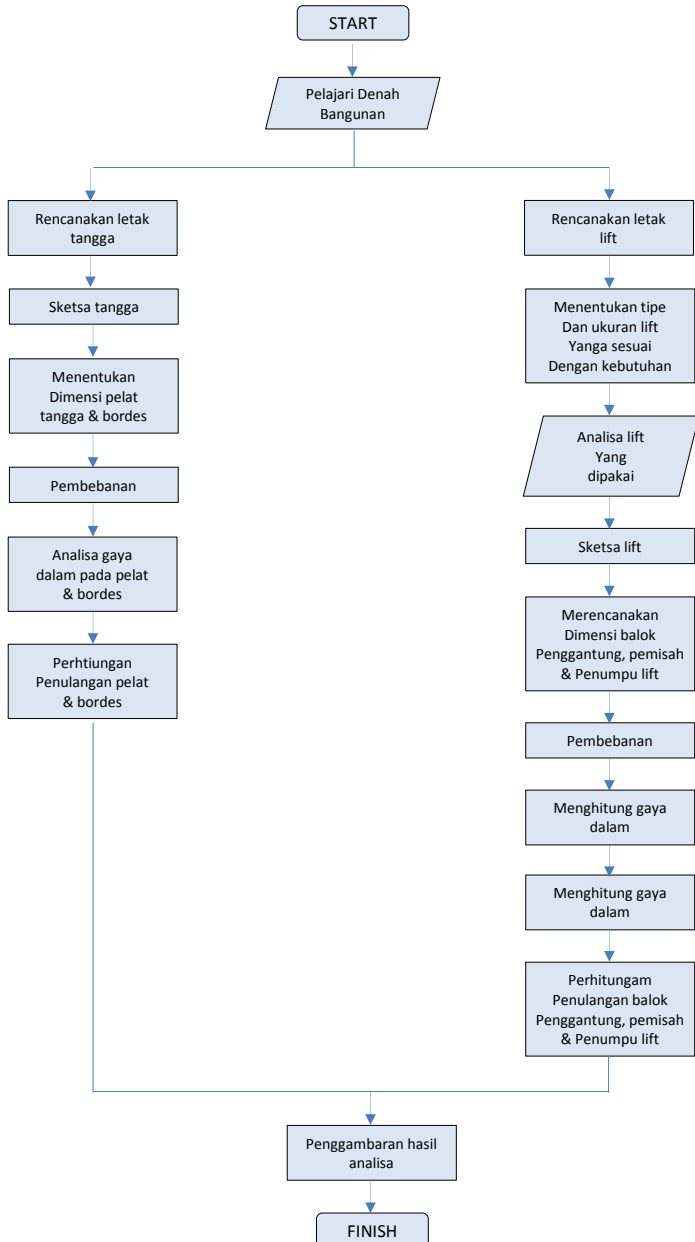
Penulisan Tugas Akhir ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan-kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk kemajuan penulisan Tugas Akhir berikutnya adalah :

1. Pemahaman materi harus lebih ditingkatkan terutama pada pemodelan dan pendalaman materi tentang apa saja yang dibahas di dalam tugas akhir.
2. Lebih komunikatif dengan dosen pembimbing sehingga tugas akhir dapat terselesaikan dengan baik.
3. Diharapkan untuk menghitung tulangan balok, baik balok bordes, serta balok lift menggunakan perhitungan tulangan ganda agar didapatkan hasil yang lebih ekonomis.

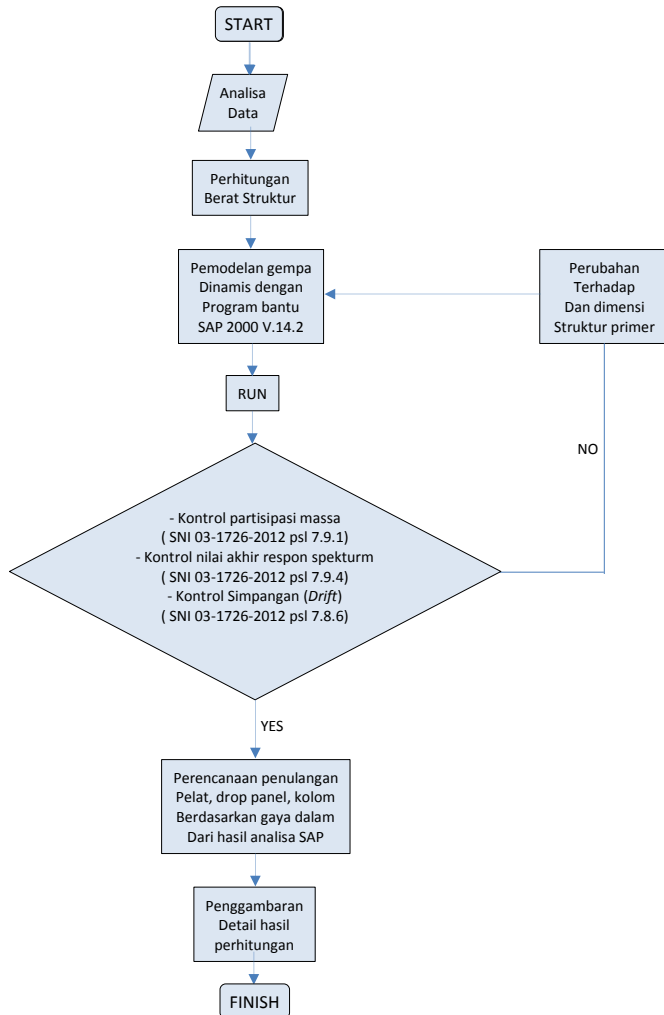
DAFTAR PUSTAKA

- SNI 03-1726-2012. ***“Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”***. Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-2847-2013. ***“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”***. Badan Standarisasi Nasional
- PPIUG 1983. ***“Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung”***. Departemen Pekerjaan Umum.
- Wang, C. K; Salmon, C.G 1992. ***“Desain Beton Bertulang”*** Binsar Hardiandja.
- Nawy, E.G, 1998. ***“Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar”***.
- Purwono. Rahmat 2005, ***“Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa”***. Surabaya ; ITS Press.
- Ferguson,P.M. 1991. ***“Dasar – dasar Beton Bertulang versi S1 edisi keempat”***. Diterjemahkan oleh Budianto S. Jakarta:Erlangga.
- Mosley, W.H., dan Bungey J.H 1984. ***“Perencanaan Beton Bertulang edisi kedua”***, Jakarta: Erlangga.
- Bowles, E. Joseph. 1986. ***“Analisa Desain Pondasi”***. Jakarta :Erlangga..
- Herman Wahyudi. 1999.” ***Daya Dukung Pondasi Dalam”***.

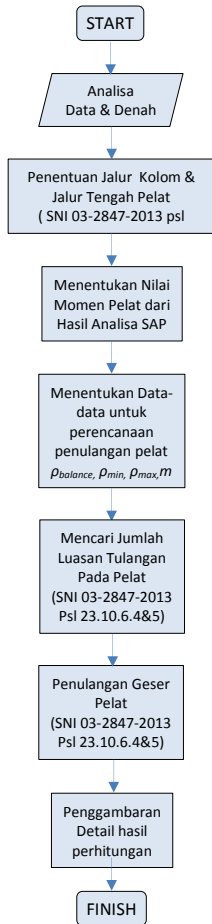
Alur Perencanaan Struktur Skunder



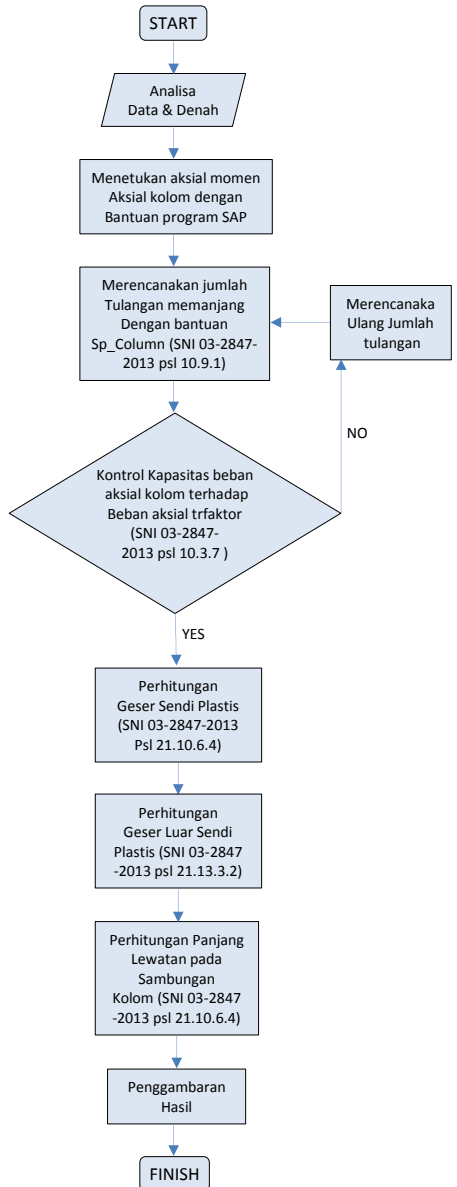
Alur Perencanaan Kontrol Pembebanan Gempa



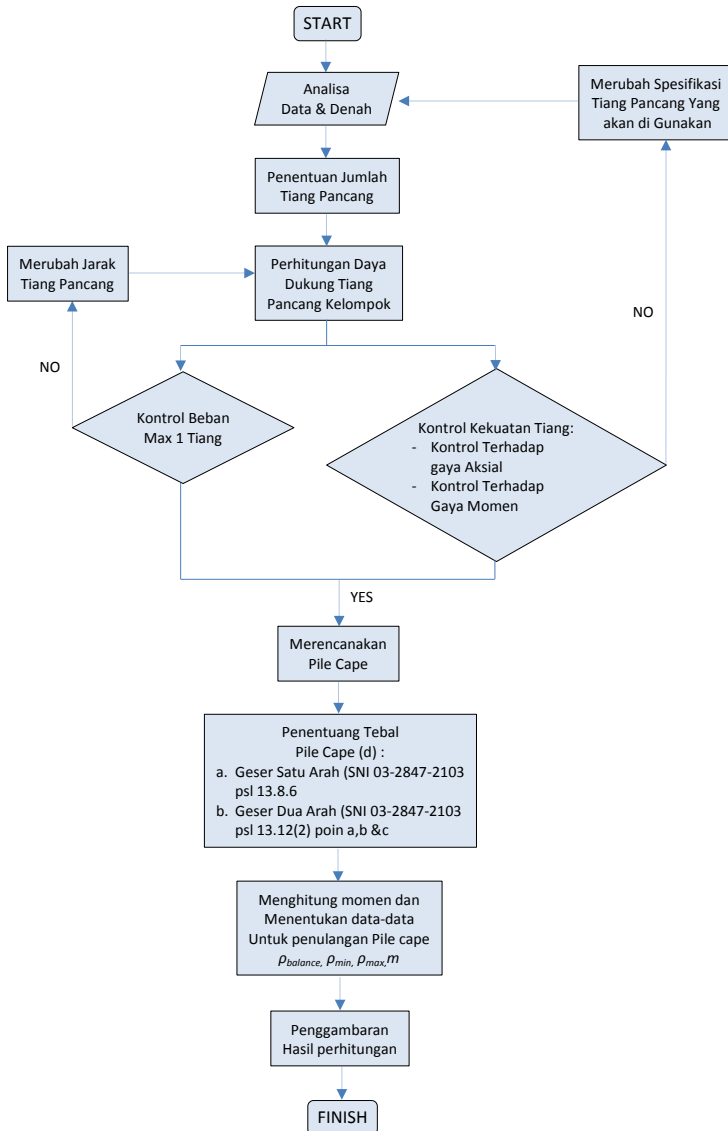
Alur Perencanaan Penulangan Pelat

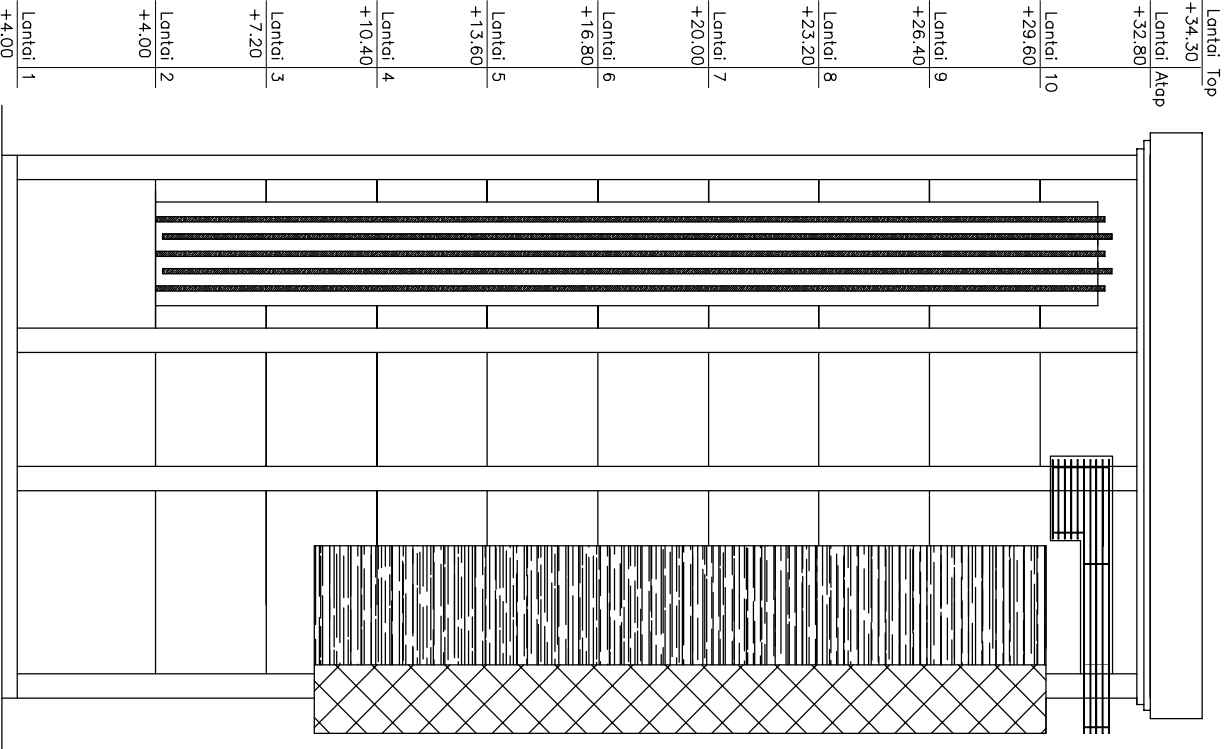



Alur Perencanaan Penulangan Kolom



Alur Perencanaan Penulangan Pondasi Pile Cape





<div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Ii., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Tampak Depan	1:150	1	22	STR	

Bore No. : B - 1
 Project : P.G.Hotel PKPRI Trunojoyo
 Location : PKPRI Trunojoyo Sampang
 Elevation : +3.00 m from sea bed

Koordinat : UTM 879284
 7862623
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)
0		0			
1		0	Lempung	Coklat	0 + 0 + 0 = 0 1.00 - 1.50 m
2					
3			Lanau Berlempung	Coklat	
4		16			1 + 6 + 9 = 16 4.00 - 4.50 m
5					
6					
7		7	Lanau Berlempung, Berkrikil	Coklat	1 + 1 + 5 = 7 7.00 - 7.50 m
8					
9					
10		15			2 + 6 + 7 = 15 10.00 - 10.50 m
11					
12					
13		25			3 + 10 + 12 = 25 13.00 - 13.50 m
14					
15					
16		43			4 + 19 + 20 = 43 16.00 - 16.50 m
17					
18			Pasir Krikil, Kulit Kerang	Abu-Abu	
19		45			5 + 20 + 20 = 45 19.00 - 19.50 m
20					
21					
22		59			6 + 22 + 31 = 59 22.00 - 22.50 m
23					
24					
25		60			6 + 22 + 32 = 60 25.00 - 25.50 m
26			Pasir Krikil Berlempung	Kuning	
27					
28		60			5 + 25 + 30 = 60 28.00 - 28.50 m
29			Pasir Krikil	Kuning Kecoklatan	
30		60			7 + 20 + 33 = 60 30.00 - 30.00 m

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES (JBI PILES) JIS. A 5335



The manufacture of JBI piles uses a combined system : prestressing, spinning and steam curing which are done in the plant. Due to above system, the resulted processes the following qualities : Stable, high quality, high density of concrete, with extremely low absorption rate, totality free of corrosion problem. High resistance to shock, due to it's elasticity. The effective prestress at type A, AB, B, C are about 40, 60, 80, 100 Kg/Cm² respectively. Bearing capacity determined by the material with concrete allowable stress according to ACI 543 : $0.33 \times 500 - 0.27 \times 40 = 154 \text{ Kg/Cm}^2$ (for type A pile, the other type are changed of effective prestressed).

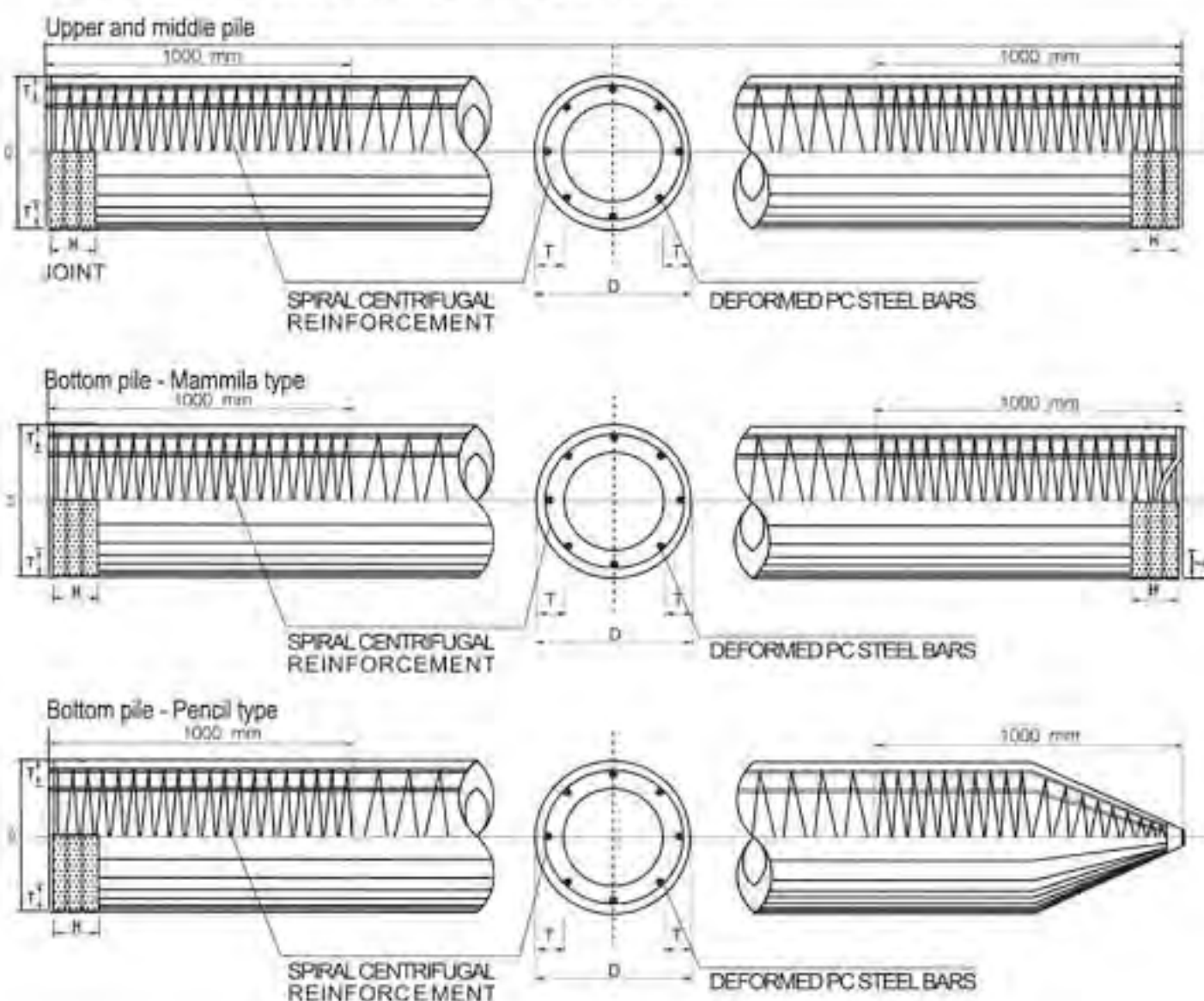
Specification Of Prestressed Concrete Spun Piles, JIS A 5335

Out Side Diameter (mm)	Type (Class)	Thickness (mm)	Cross Section Area (cm ²)	Bearing Capacity (ton) ACI 543	Cracking Bending Moment (t.m)	Ultimate Bending Moment (t.m)	Length (meter) & Weight (ton)								
							7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
300	A	60	452,4	70	2,5	3,8	0.82	0.94	1.06	1.18	1.29	1.41	1.53		
	AB				3,0	5,0									
	B				3,5	6,3									
	C				4,0	8,0									
350	A	65	582,0	90	3,5	5,2	1.06	1.21	1.36	1.51	1.66	1.81	1.97	2.12	2.27
	AB				4,0	7,1									
	B				5,0	9,0									
	C				6,0	12,0									
400	A	75	765,8	118	5,5	8,2	1.39	1.59	1.79	1.99	2.19	2.39	2.59	2.79	2.98
	AB				6,5	10,7									
	B				7,5	13,5									
	C				9,0	18,0									
450	A	80	929,9	143	7,5	11,2	1.69	1.93	2.17	2.42	2.66	2.90	3.14	3.38	3.62
	AB				9,0	15,5									
	B				11,0	19,8									
	C				12,5	25,0									
500	A	90	1.159,0	178	10,5	15,7	2.11	2.41	2.71	3.01	3.31	3.62	3.92	4.22	4.52
	AB				12,5	18,8									
	B				15,0	27,0									
	C				17,0	34,0									
600	A	100	1.570,8	242	17,0	25,5	2.86	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.12
	AB				20,0	35,3									
	B				25,0	45,0									
	C				29,0	58,0									

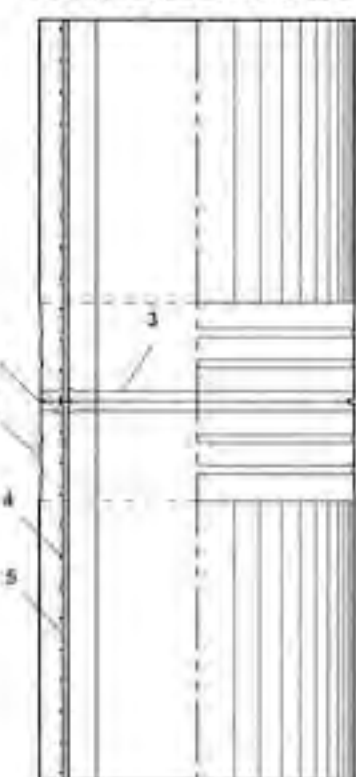
Concrete Strength, $f_c = 500 \text{ kg/cm}^2$ (Cylinder Test), or equivalent to K - 600 (Cube Test)

Construction Of Prestressed Concrete Spun Piles

CONSTRUCTION OF JBI PILES



WELDED JOINT



1. On - Site butt Welding
2. Steel plate band
3. End Plate
4. Spiral Reinforcing
5. PC Steel Bar

Calculation Of Bearing Capacity Dynamic Formula

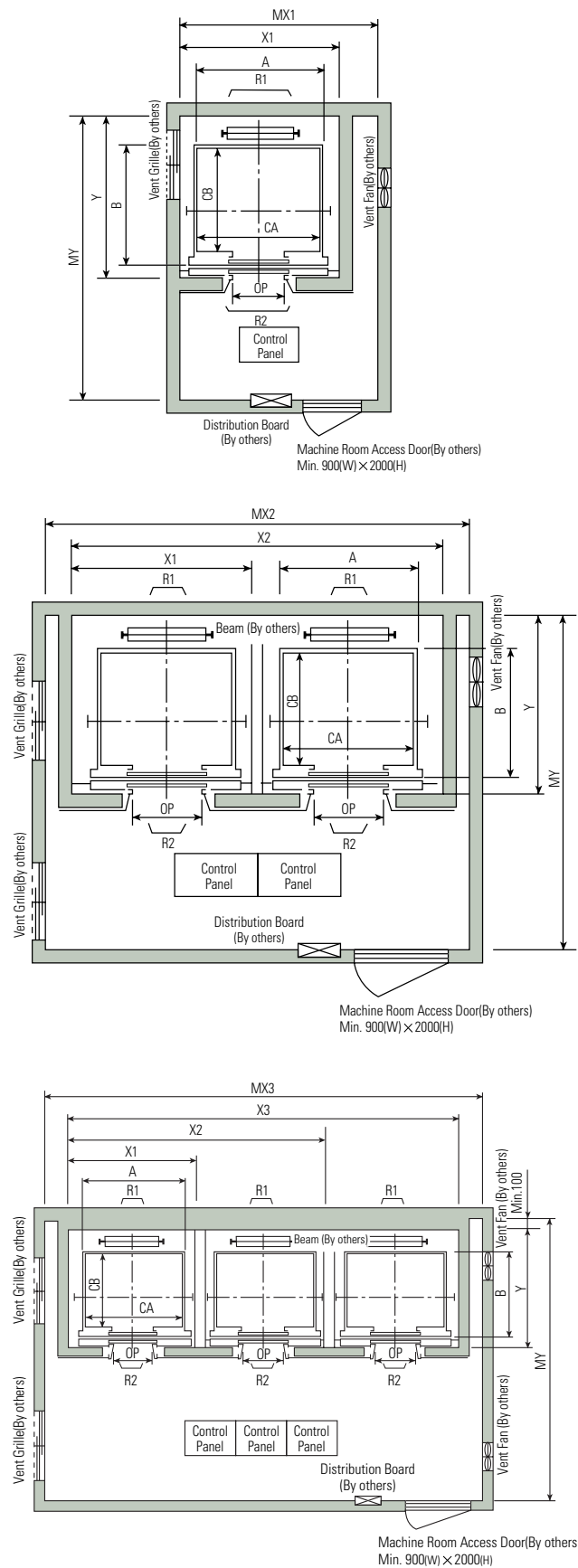
$$R_a = \frac{2.W.H}{5.S + 0.1}$$

- R_a = Allowable Bearing Capacity (ton)
 W = Weight of Hammer (ton)
 H = Height of ram stroke (m)
 S = Final settlement of pile, determined as the average of the last 10 blows, (m)

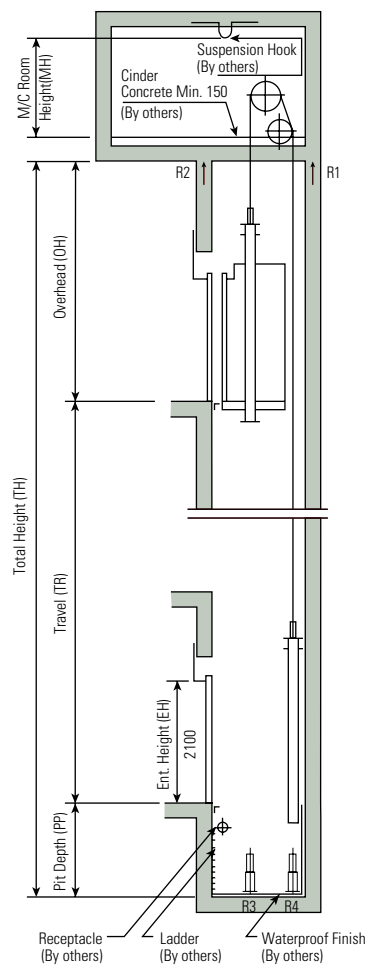
PASSENGER ELEVATORS

Gearless Elevators | 60~150m/min

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2
60	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450
90	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800
105	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300
120	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800		
150	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000		
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200		

- Notes: 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)
5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.
6. In case of 120m/min and 150m/min, the dimension of X1 is X1 plus 100mm.

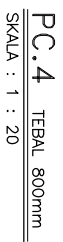
(Unit : mm)

Speed (m/min)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
60	4600	1500	2200
90	4800	1800	2400
105	5000	2100	2400
120	5000	2100	2600
150	5500	2400	2600

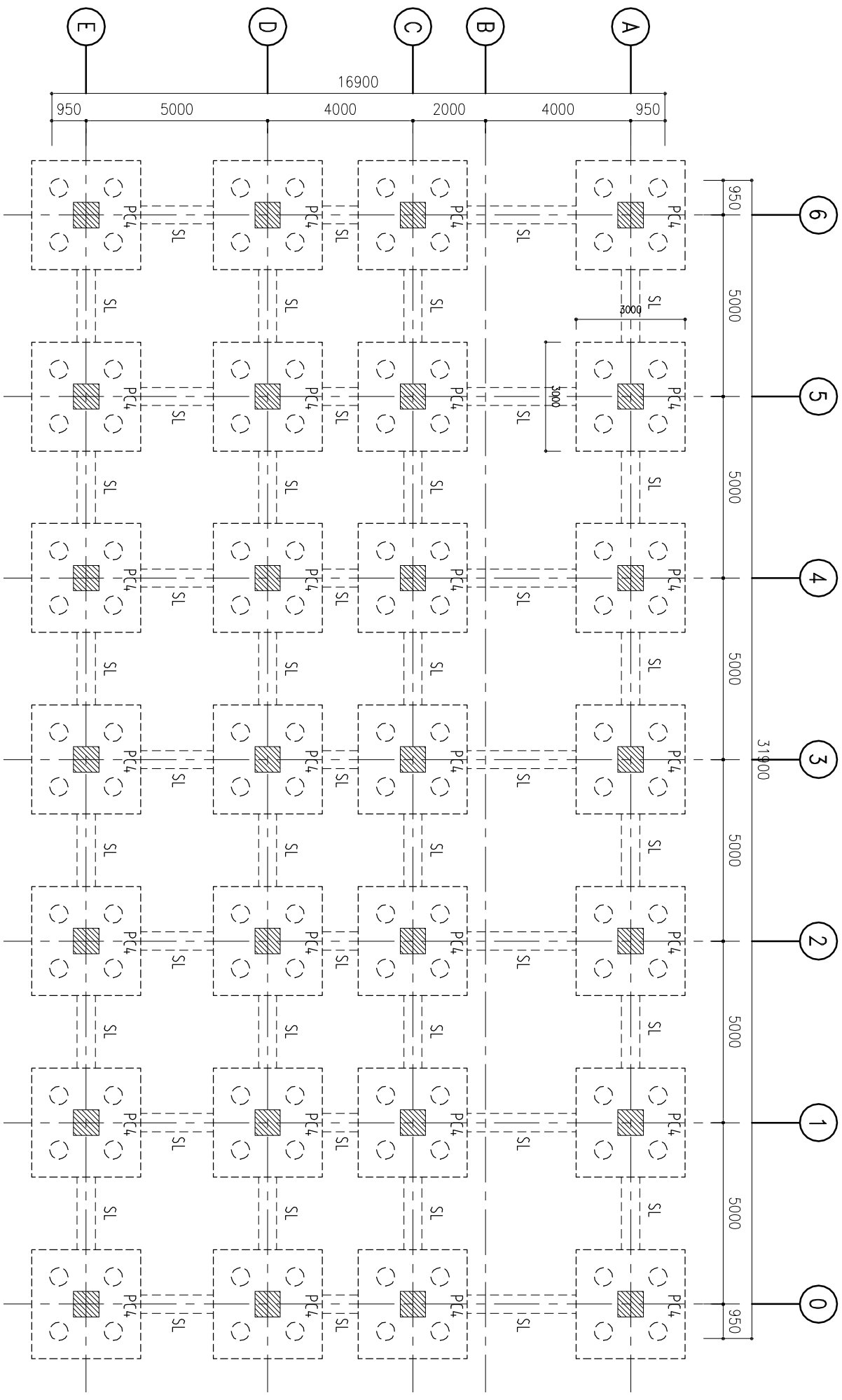
Note : Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.




JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPIANG	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Detail Penulangan Pondasi Pile Cape, Sloot dan Spun Pile	1:100	22	22	STR	
	Soewardjo R. I., Msc							

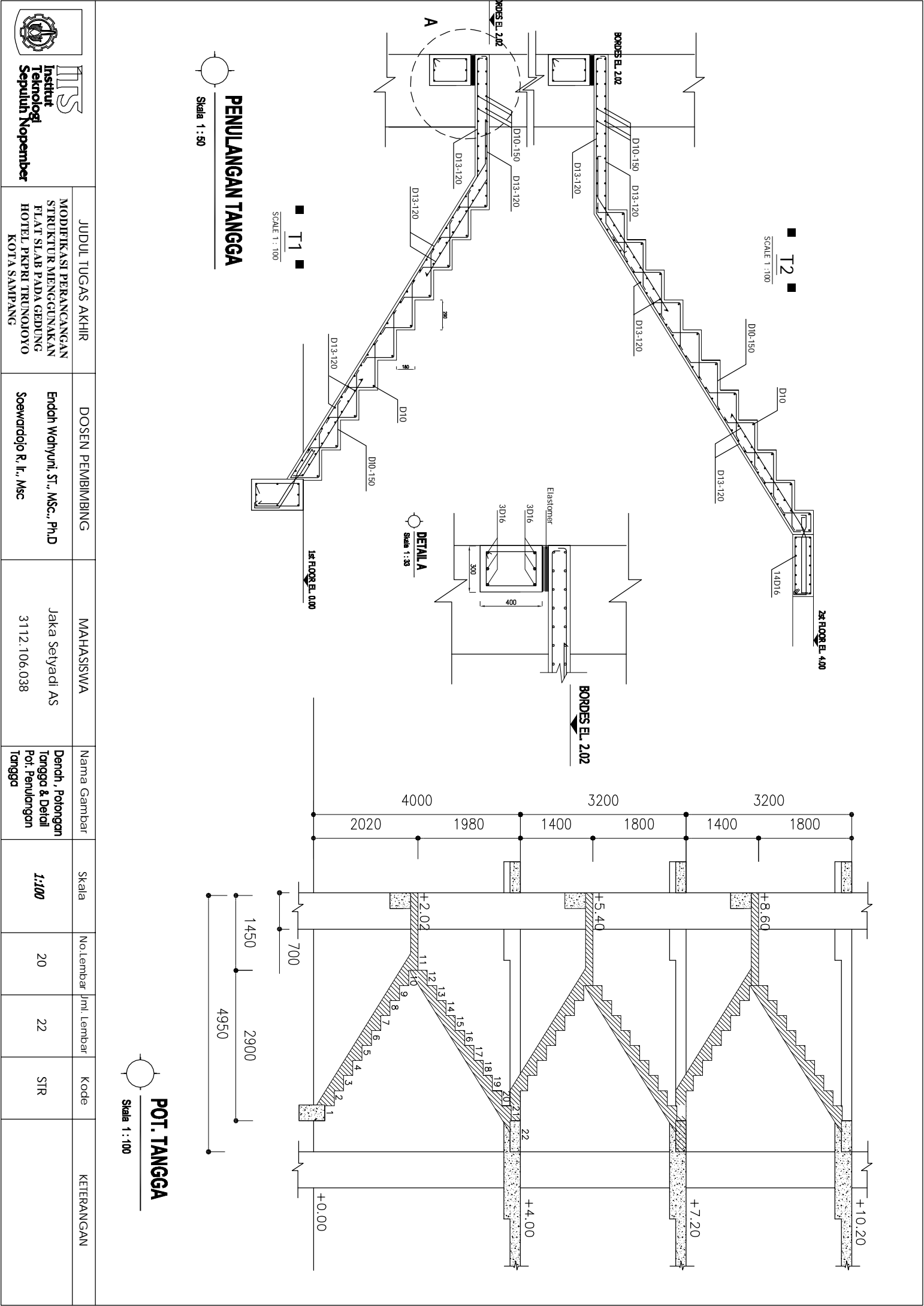



SKALA : 1 : 10

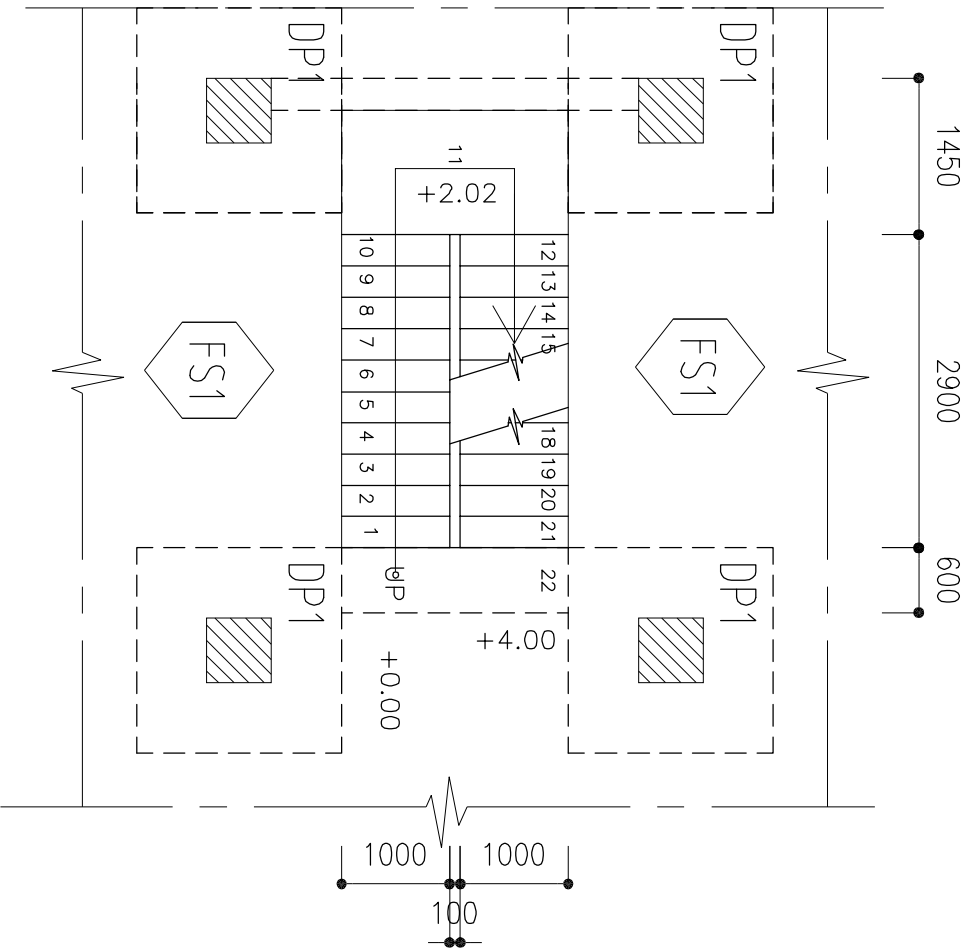


Keterangan :
PC4 = Pile Cape Uk. 3.0 x 3.0 x 0.8 m (Dia. Pancang= 4Ø50 cm)
SL = Sloof Uk. 50 x 70 cm

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	DOSEN PEMBIMBING Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardojo R. It., Msc	MAHASISWA Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Nama Gambar Derah Pondasi	Skala 1:100	No.Lembar Jml. Lembar Kode KETERANGAN 21 22 STR
---	---	---	---	-------------------------------------	-----------------------	--

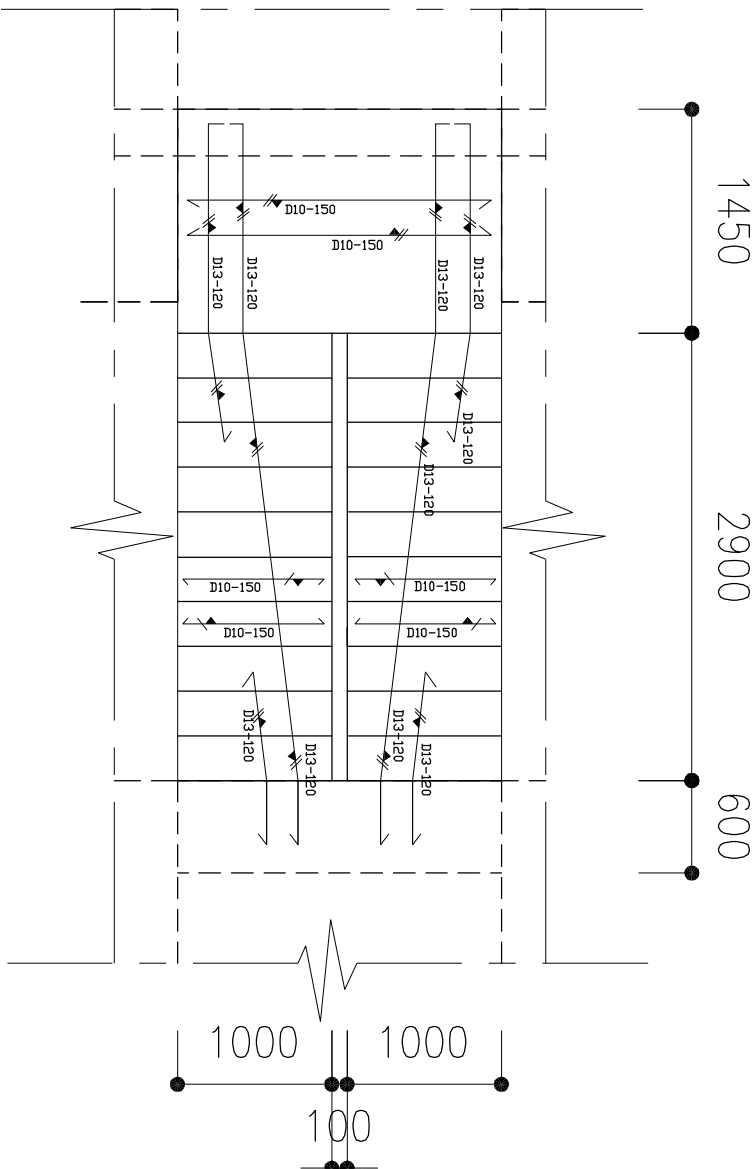


 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	Endeh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D	Jaka Setyadi AS	3112.106.038	Dench, Potongan Tangga & Detail Pot. Penulangan Tangga	1:100	20	22	STR	




DENAH TANGGA

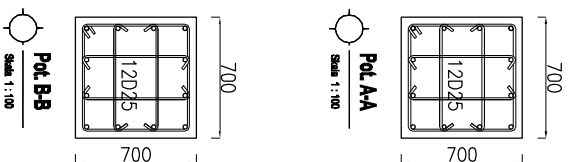
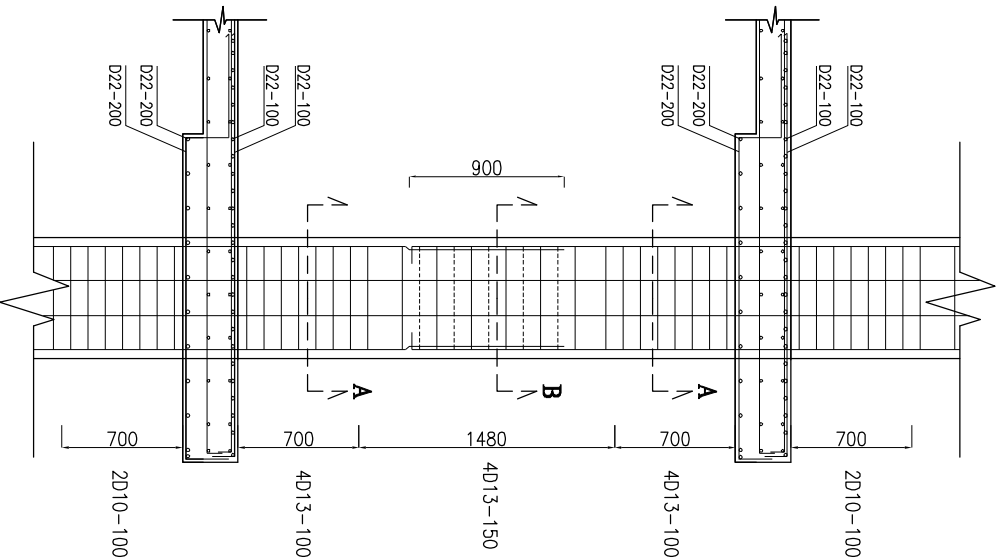
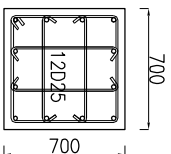
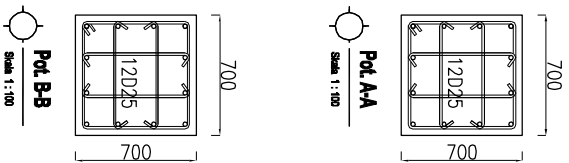
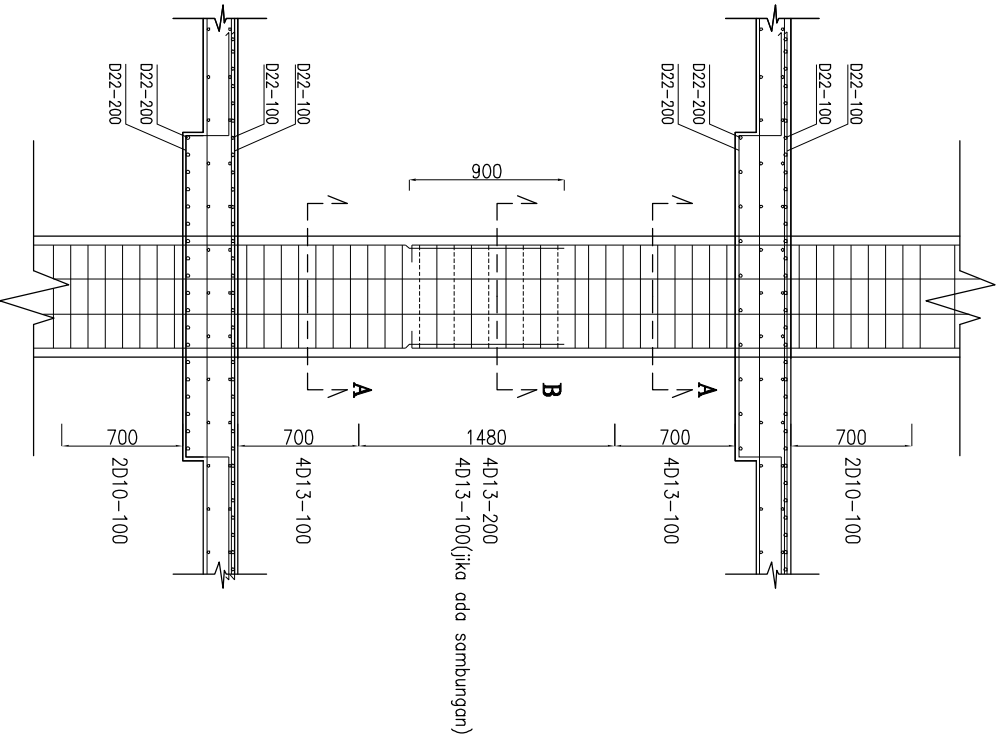
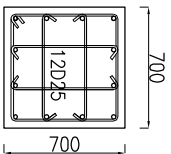
Skala 1 : 100



DENAH PENULANGAN TANGGA


Skala 1 : 70

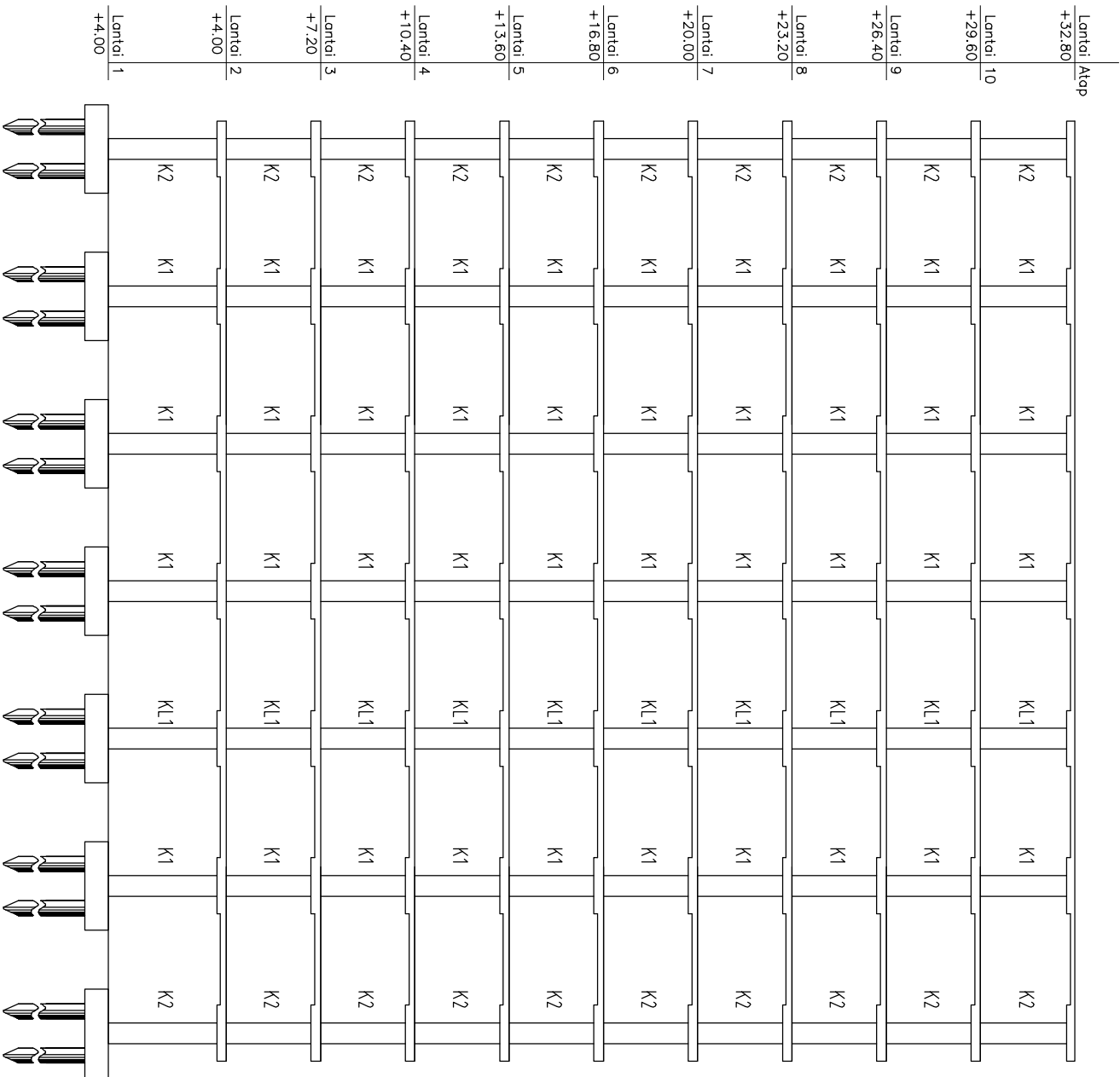
 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D</p> <p>Soewaridjo R. I., Msc</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>Jaka Setyadi AS</p> <p>3112.106.038</p>	<p>Nama Gambar</p> <p>Denah Tangga dan Denah Penulangan Tangga</p>	<p>Skala</p> <p>1:100</p>	<p>No.Lembar</p> <p>19</p>	<p>Jml. Lembar</p> <p>22</p>	<p>Kode</p> <p>STR</p>	<p>KETERANGAN</p>
---	---	--	---	--	---------------------------	----------------------------	------------------------------	------------------------	-------------------




PENULANGAN KOLOM (K1)
Skala 1 : 100

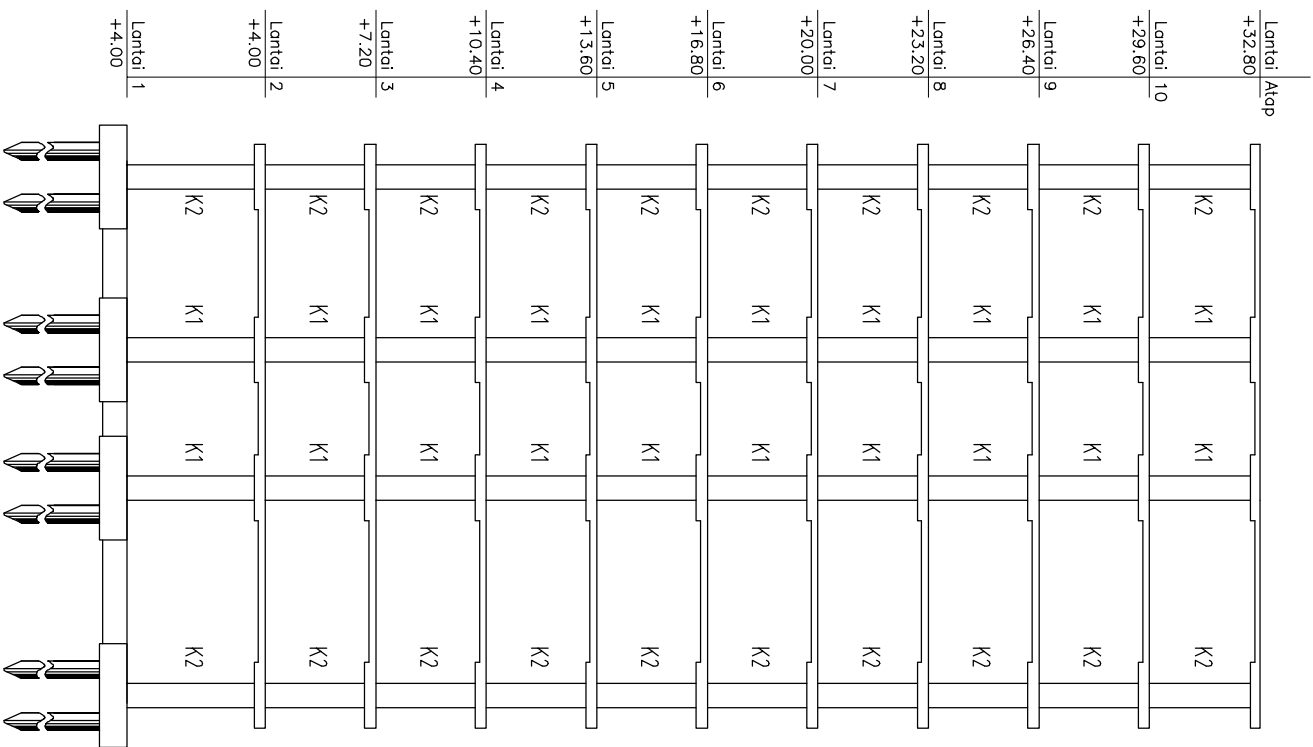
PENULANGAN KOLOM (K2)
Skala 1 : 100

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	Endeh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewarjono R. Ii., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Detail Penulangan Kolom	1:100	18	22	STR	




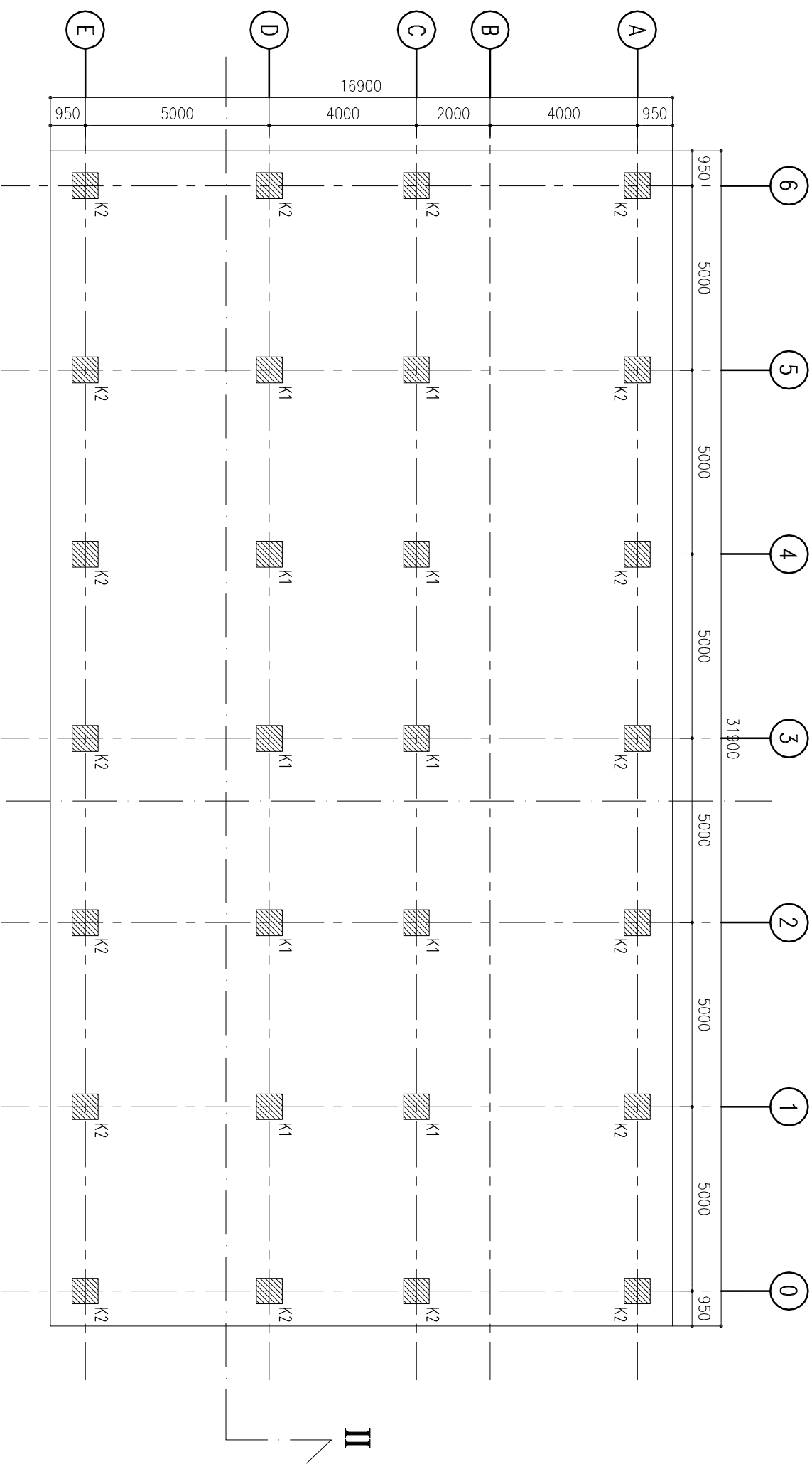
Keterangan :
K1 = Kolom Interior Uk. 0.7x0.7 m
K2 = Kolom Eksterior Uk. 0.7x0.7 m

<div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEJUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. It., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	POTONGAN II - II	1:100	17	22	STR	




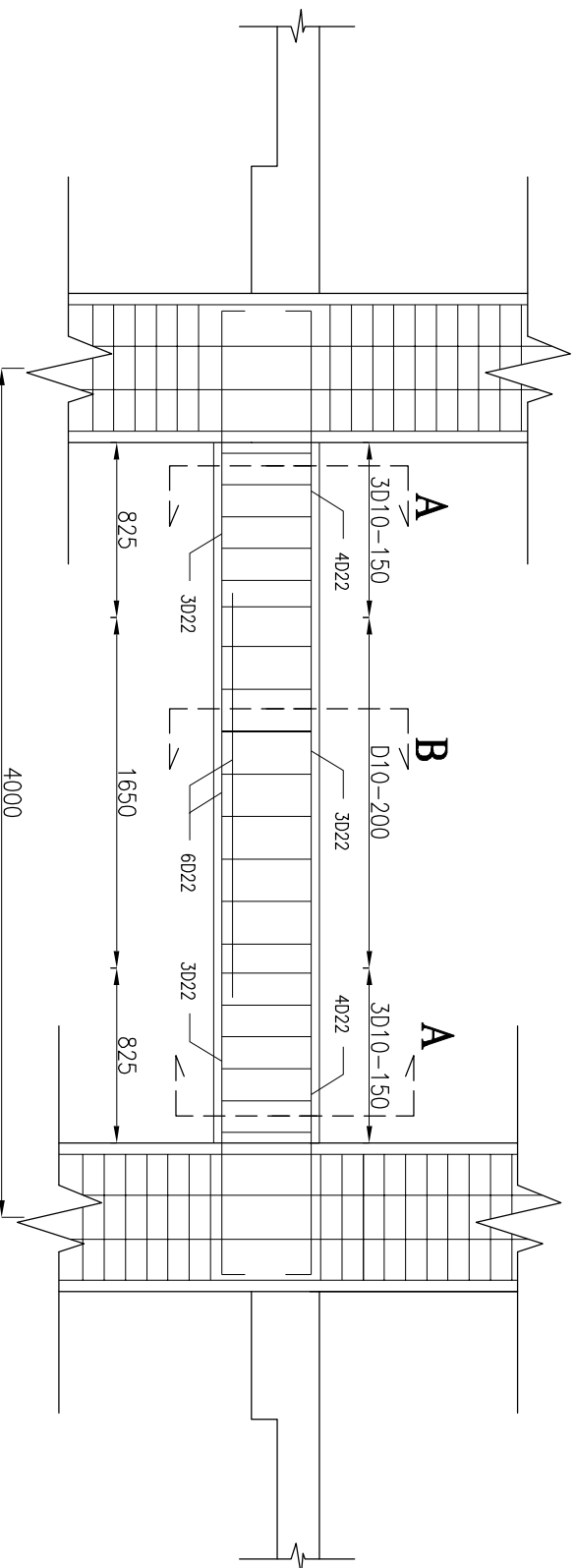
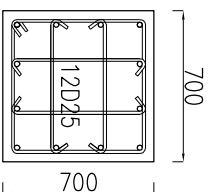
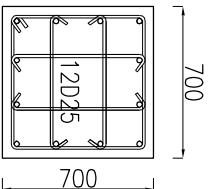
Keterangan :
K1 = Kolom Interior Uk. 0.7x0.7 m
K2 = Kolom Eksterior Uk. 0.7x0.7 m

<div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Ii., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	POTONGAN H	1:100	16	22	STR	

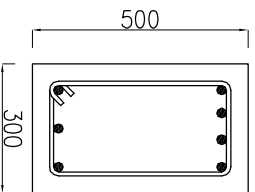


Keterangan :
 K1 = Kolom Interior Uk. 0.7x0.7 m
 K2 = Kolom Eksterior Uk. 0.7x0.7 m

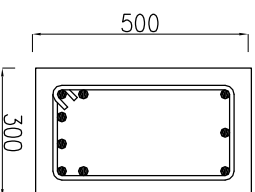
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	Enddh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Ii., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Danesh Kolom	1:100	15	22	STR	




Penulangan BL1
Skala 1 : 100

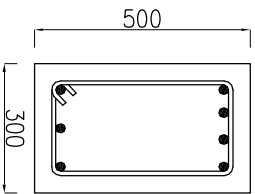
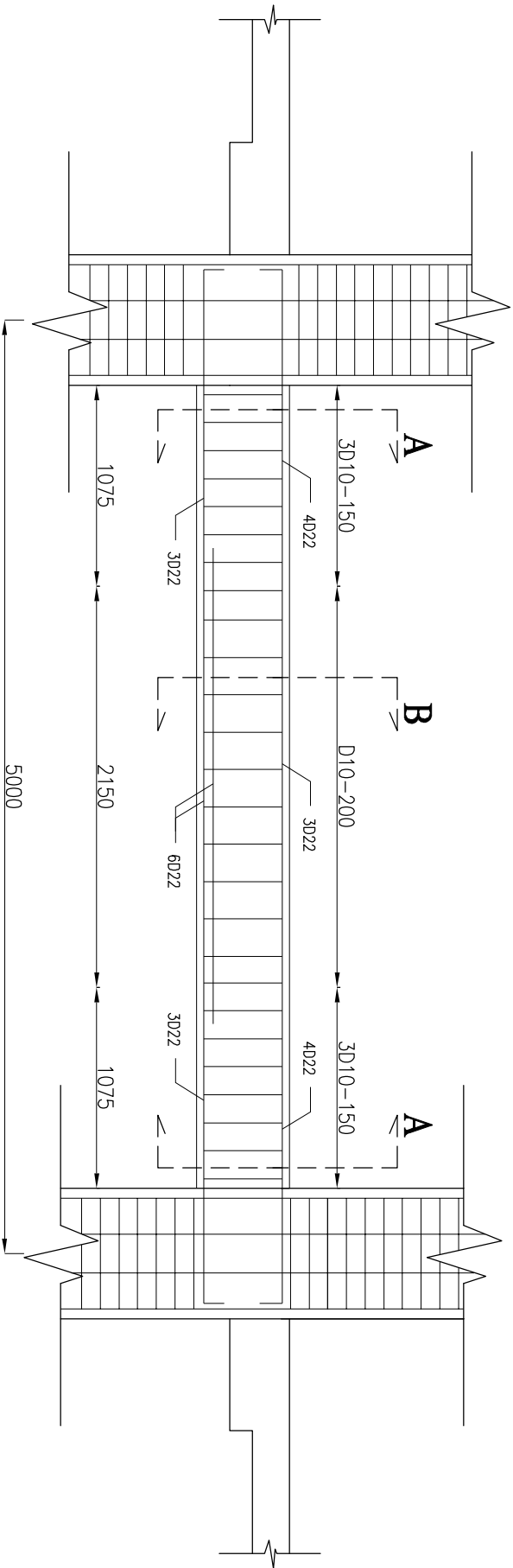
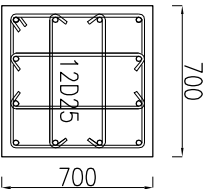
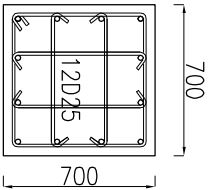


Pot. A-A
Skala 1 : 50

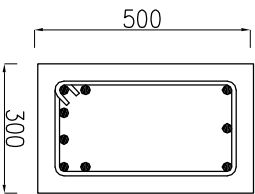


Pot. B-B
Skala 1 : 50

 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. I., Msc</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>Jaka Setyadi AS 3112.106.038</p>	<p>Nama Gambar</p> <p>Detail Penulangan Balok Lift BL1</p>	<p>Skala</p> <p>1:100</p>	<p>No.Lembar</p> <p>14</p>	<p>Jml. Lembar</p> <p>22</p>	<p>Kode</p> <p>STR</p>	<p>KETERANGAN</p>
---	---	--	--	--	---------------------------	----------------------------	------------------------------	------------------------	-------------------




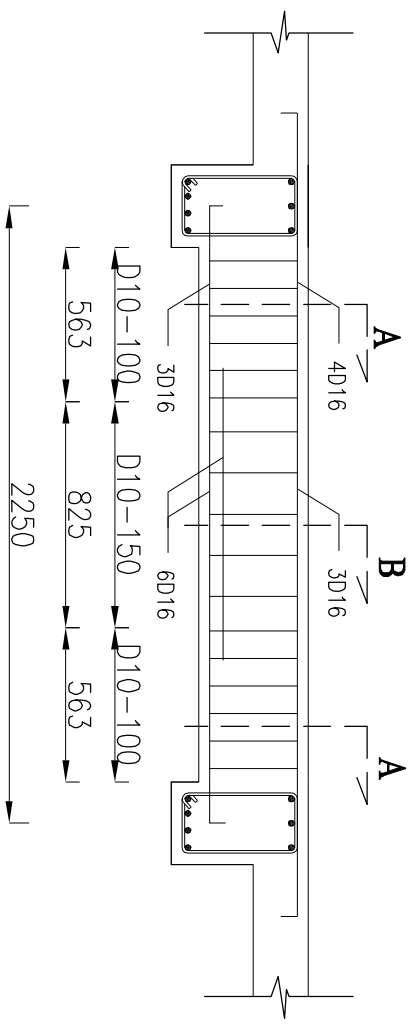
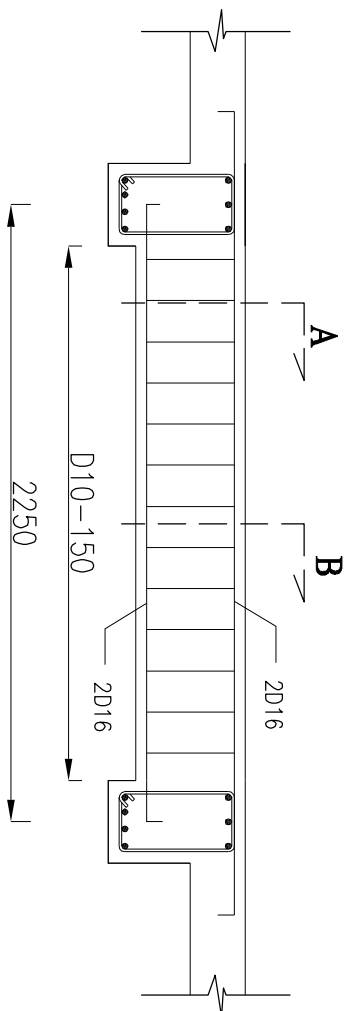
Penulangan BL2
Skala 1 : 100



Pot. B-B
Skala 1 : 50

Pot. A-A
Skala 1 : 50

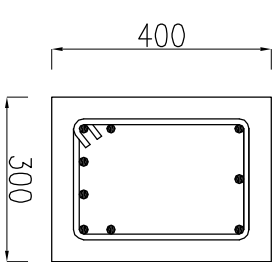
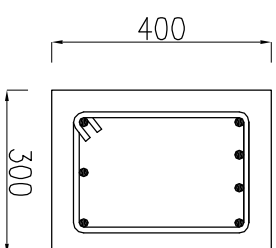
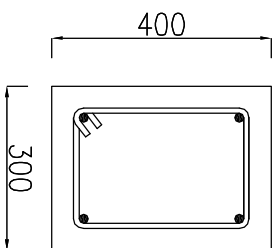
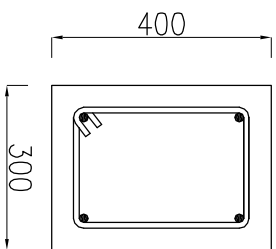
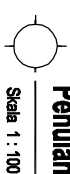
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG	DOSEN PEMBIMBING Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardojo R. Ii., Msc	MAHASISWA Jaka Selyadi AS 3112.106.038	Nama Gambar Detail Penulangan Balok Lift BL2	Skala 1:100	No.Lembar 13 Jml. Lembar 22 Kode STR KETERANGAN
--	--	---	---	--	-----------------------	--



Penulangan BL4



Penulangan BL4



Pot. A-A

Skala 1 : 50

Pot. B-B


Skala 1 : 50

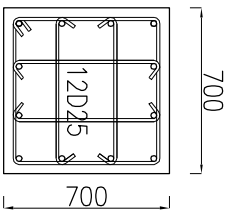
Pot. A-A

Skala 1 : 50

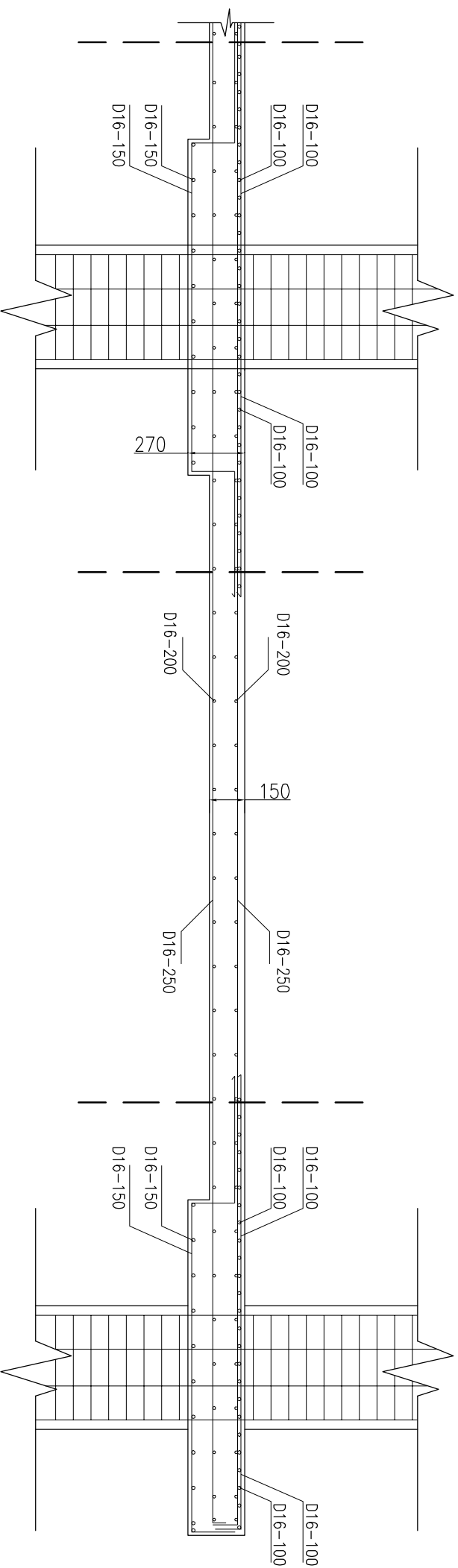
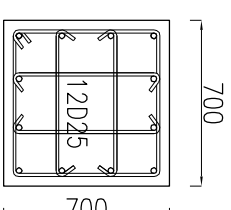
Pot. B-B

Skala 1 : 50

 <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Ii., Msc</p>	<p>MAHASISWA</p> <p>Jaka Setyadi AS 3112.106.038</p>	<p>Nama Gambar</p> <p>Detail Penulangan Balok LIFT BL3 dan BL4</p>	<p>Skala</p> <p>1:100</p>	<p>No.Lembar</p> <p>12</p>	<p>Jml. Lembar</p> <p>22</p>	<p>Kode</p> <p>STR</p>	<p>KETERANGAN</p>
---	---	---	--	--	---------------------------	----------------------------	------------------------------	------------------------	-------------------



6000



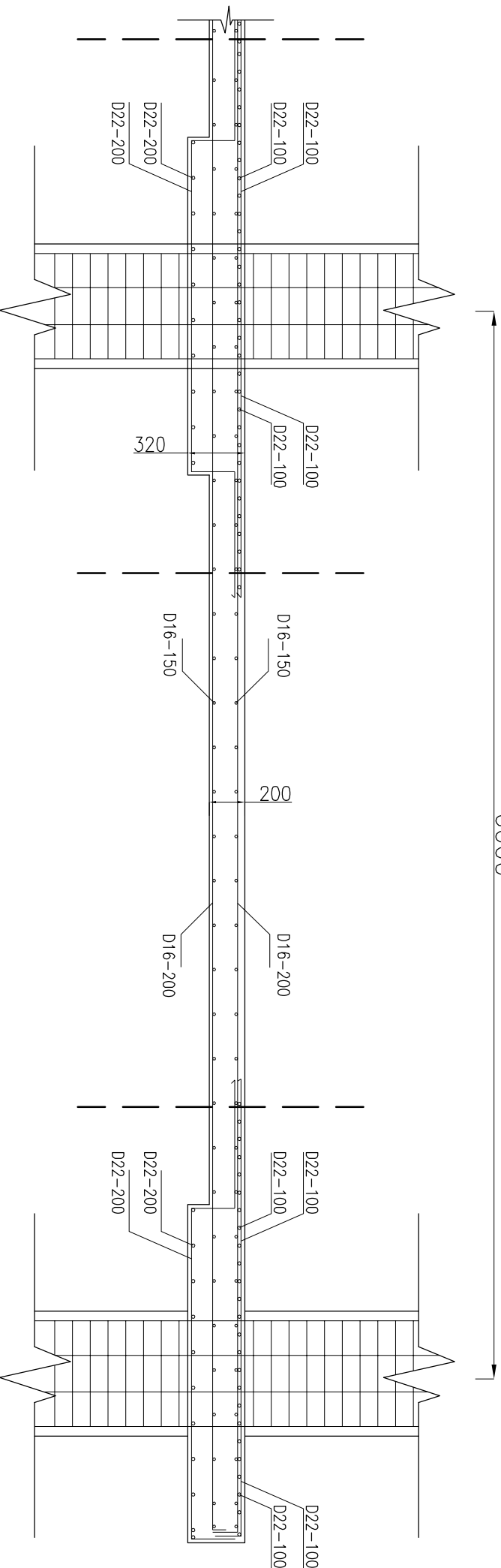
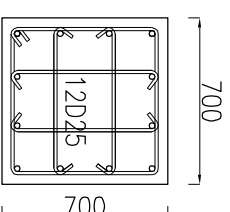
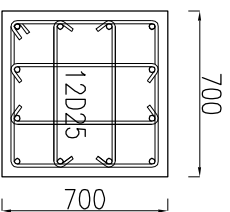
1500 1500 3000 1500 950

Lajur Kolom Lajur Tengah Lajur Kolom



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPANG	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewaridjo R. I., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Detail Penulangan Pelat (flat slab) Lantai Atap	1:100	11	22	STR	



1500

1500

3000


1500

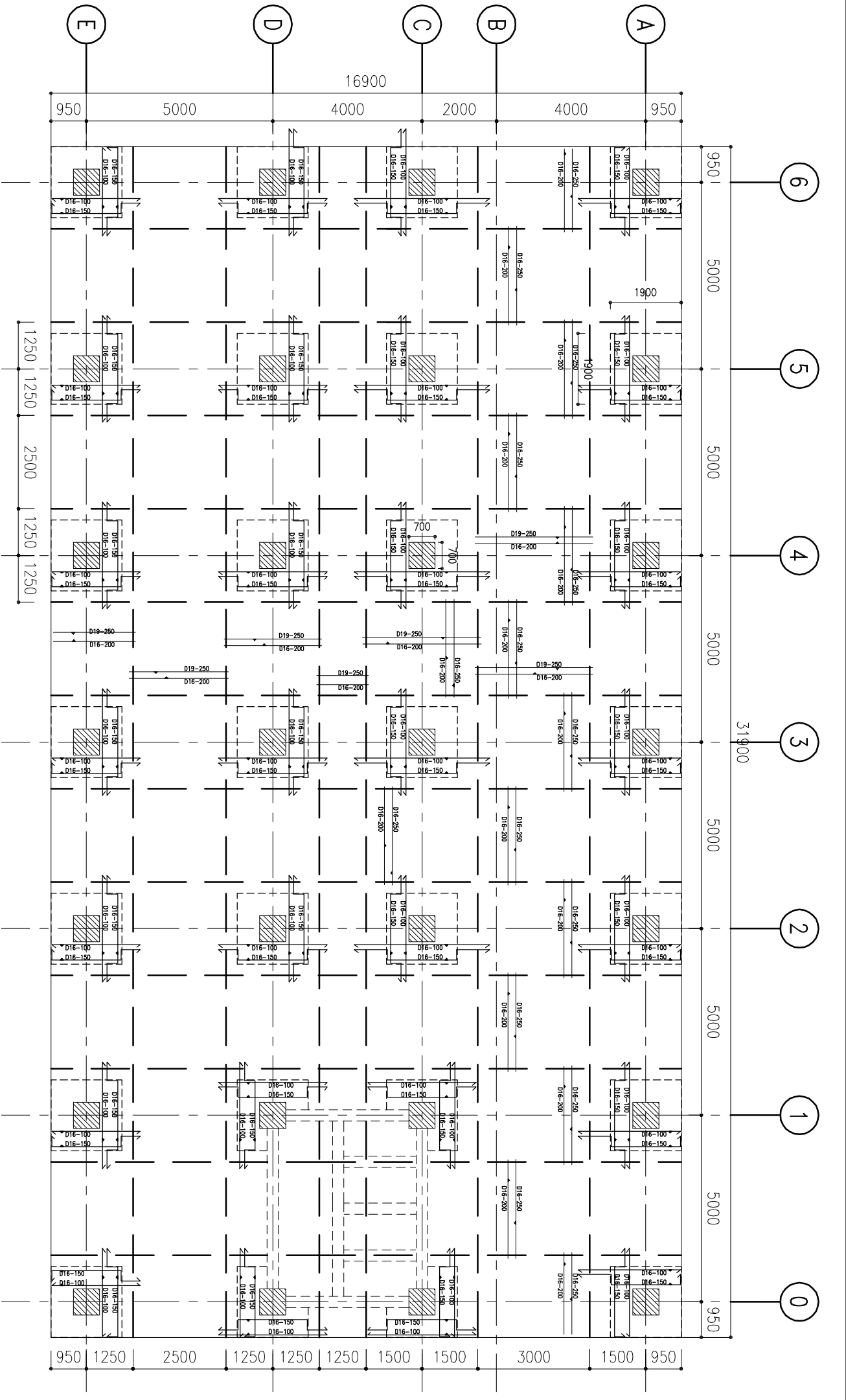
950

Lajur Kolom

Lajur Tengah

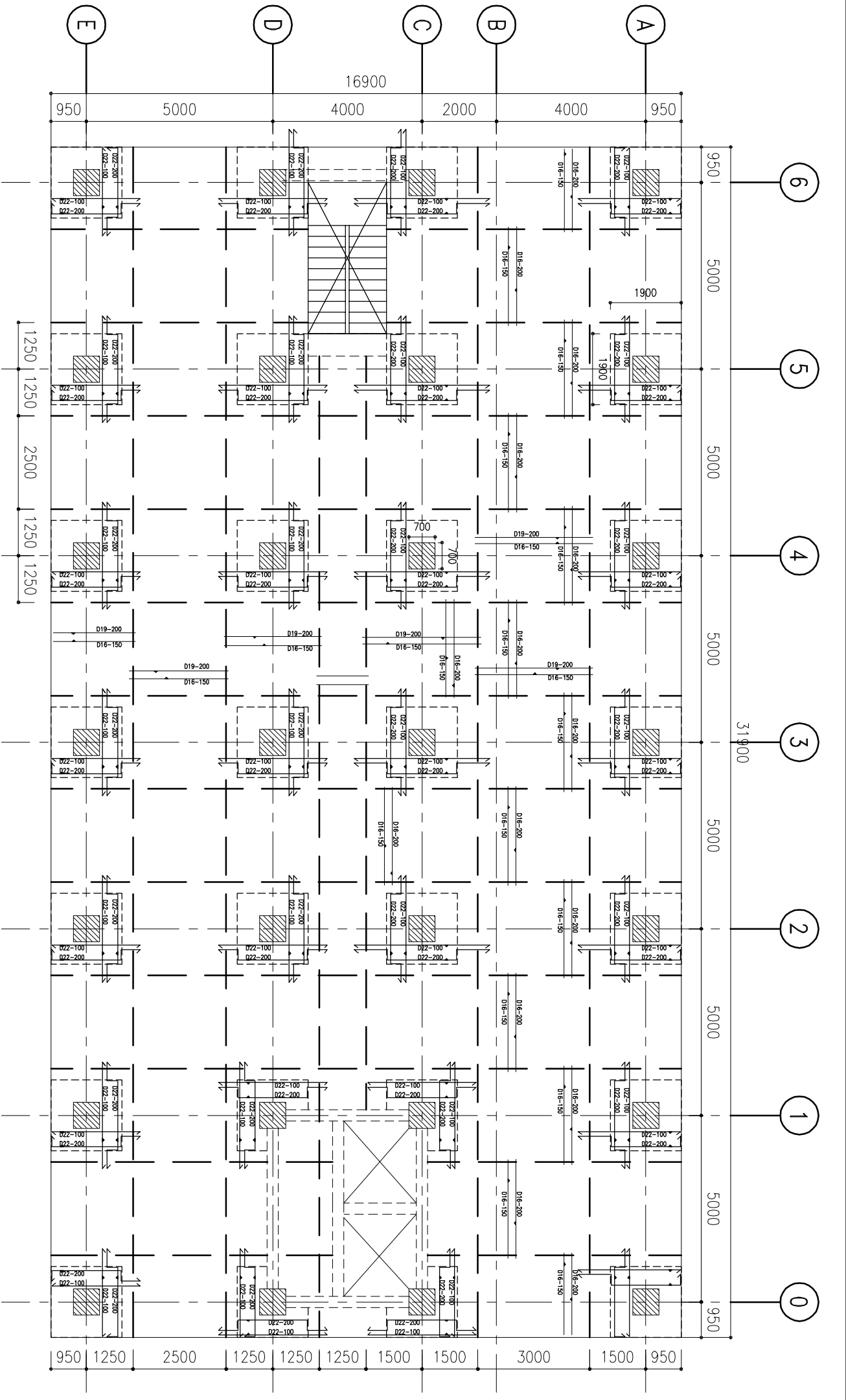
Lajur Kolom


 <div> <div>ITS</div> <div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div> </div>	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAANG	Enddh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. It., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Detail Penulangan Pelat (flat slab) Lantai 2s/6s (Typical)	1:100	10	22	STR	

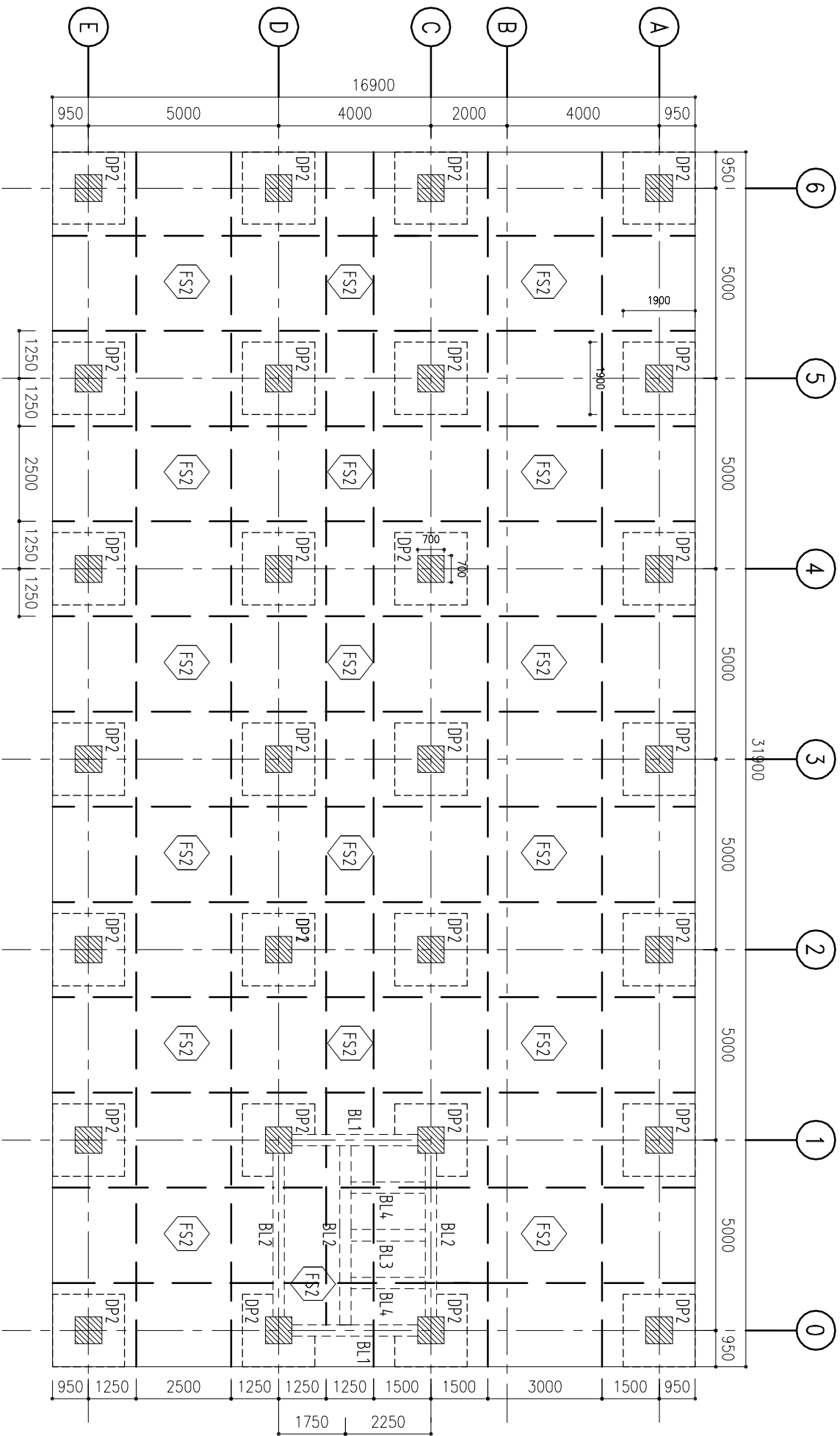


ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No.Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEJUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Ii., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Detail Penulangan Pelat (flat slab) Lantai Atap	1:100	9	22	STR	




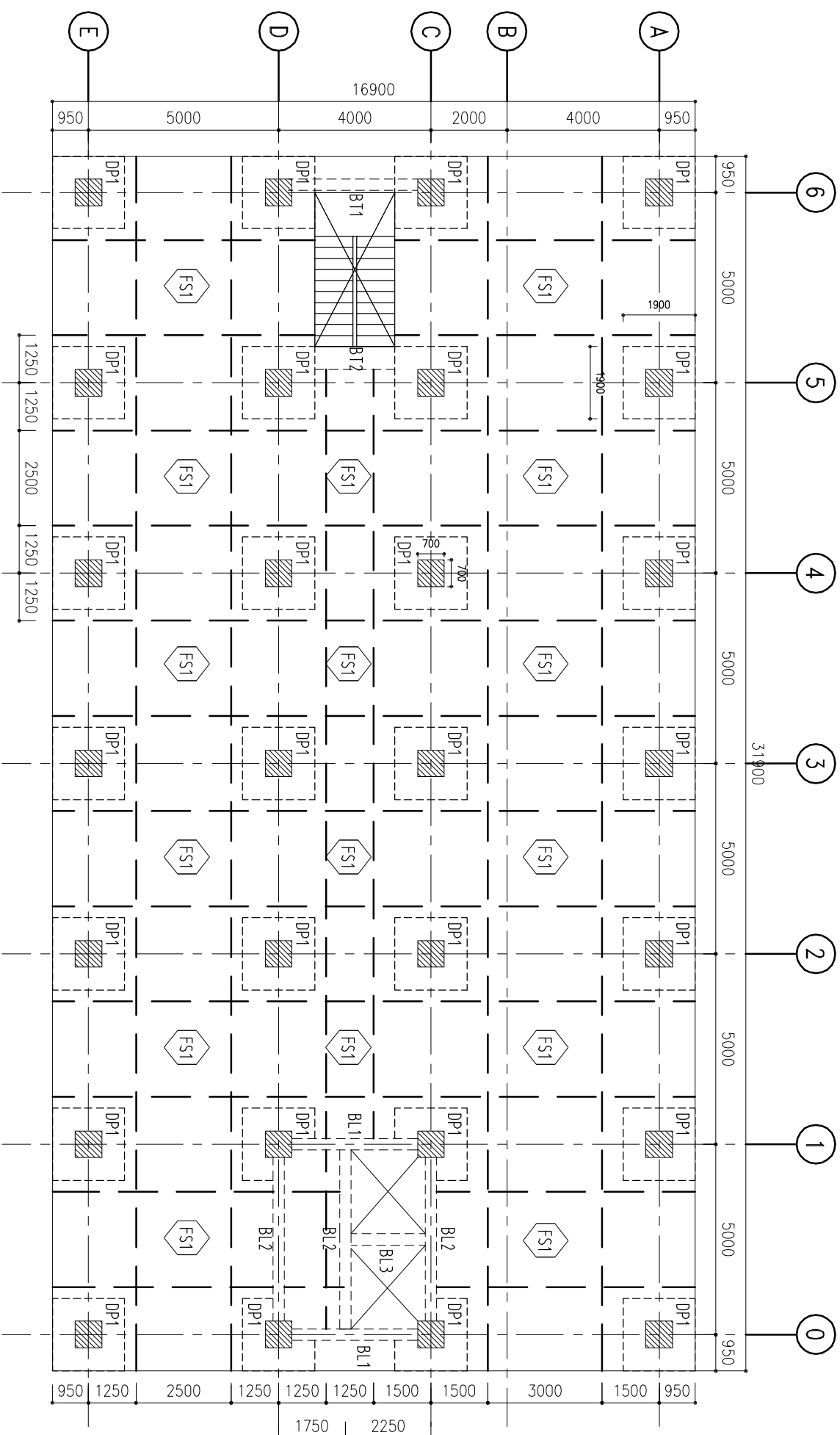
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR		DOSEN PEMBIMBING		MAHASISWA		Nama Gambar		Skala		No. Lembar		Jml. Lembar		Kode		KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAANG		Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Ii., Msc		Jaka Setyadi AS 3112.106.038		Detail Penulangan Pelat (flat slab) Lantai 2 s/d 9		1:100		8		22		STR		




Keterangan :

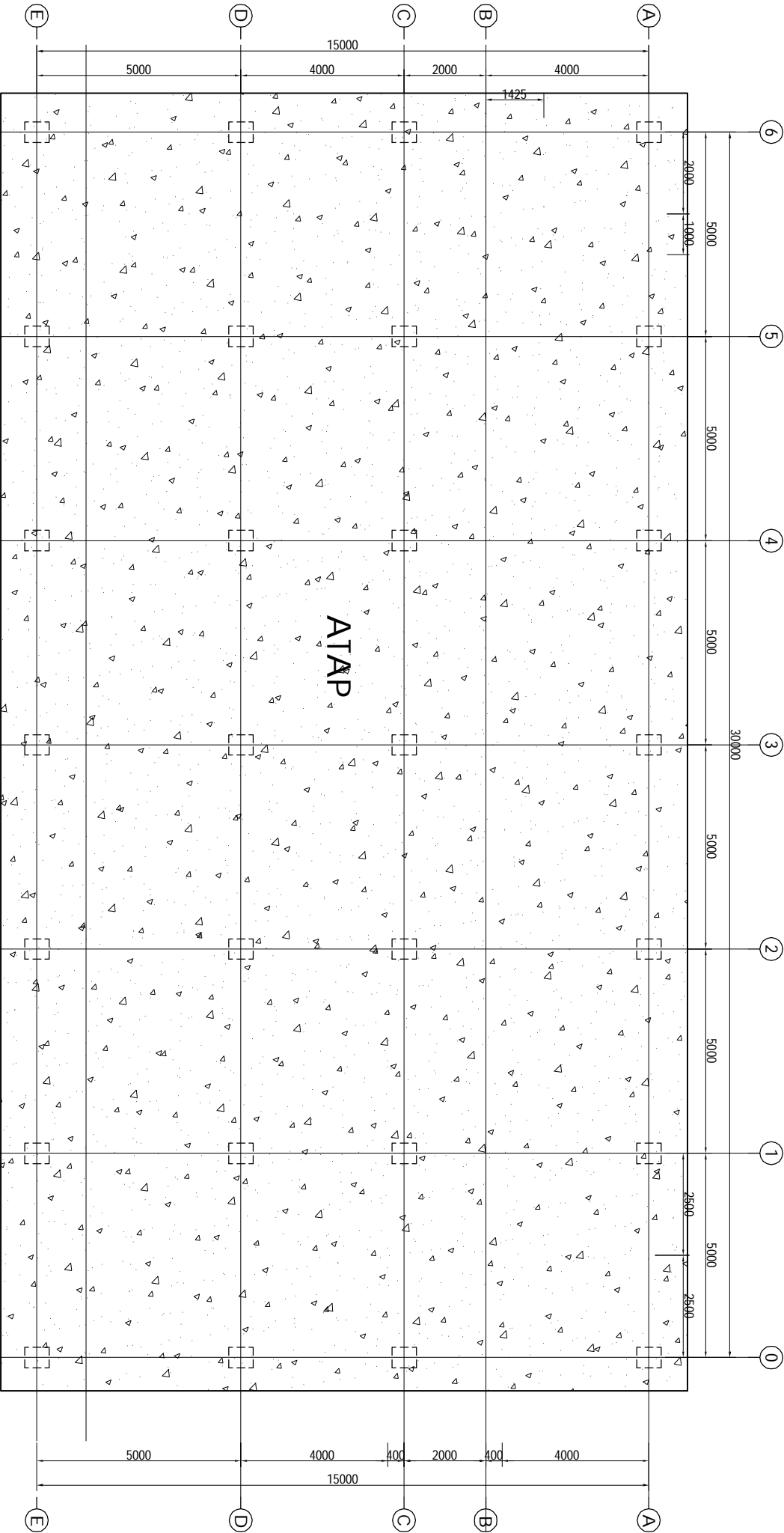
- DP2 = Drop Panel Atap Utk. 19 x 19 x 0.27 m
- FS2 = Pelat Atap (flat slab) tb. 0.15 m
- BL = Balok tiff


 Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEJUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	DOSEN PEMBIMBING Endeh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewaridjo R. Ii., Msc	MAHASISWA Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Nama Gambar Denih L. Atap Pelat (flat slab), Balok tiff dan Balok Tangga	Skala 1:100	No.Lembar 7	Jml. Lembar 22	Kode STR	KETERANGAN
--	---	---	---	--	-----------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------	-------------------



Keterangan :
 DP1 = Drop Panel Pelat Lantai Uk. 1,9 x 1,9 x 0,32 m
 FS1 = Pelat lantai (flat slab) tb. 0,20 m
 BL = Balok lift
 BT = Balok Tangga

 Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEJUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAK	DOSEN PEMBIMBING Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewaridjo R. I., Msc	MAHASISWA Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Nama Gambar Denah L2/dl.9 Pelat (flat slab), Balok lift dan Balok Tangga	Skala 1:100	No.Lembar 6	Jml. Lembar 22	Kode STR	KETERANGAN
--	---	--	---	---	-----------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------	-------------------



 Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOYOYO KOTA SAMPAK	Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewaridjo R. I., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Dench Lantoi Atop	1:100	5	22	STR	



JUDUL UGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

Spewartdjo B, Jr., MSc

MAHASISWA

Jaka Setyadi AS

3112.106.038

Denah
Lantai 2 s/d 9

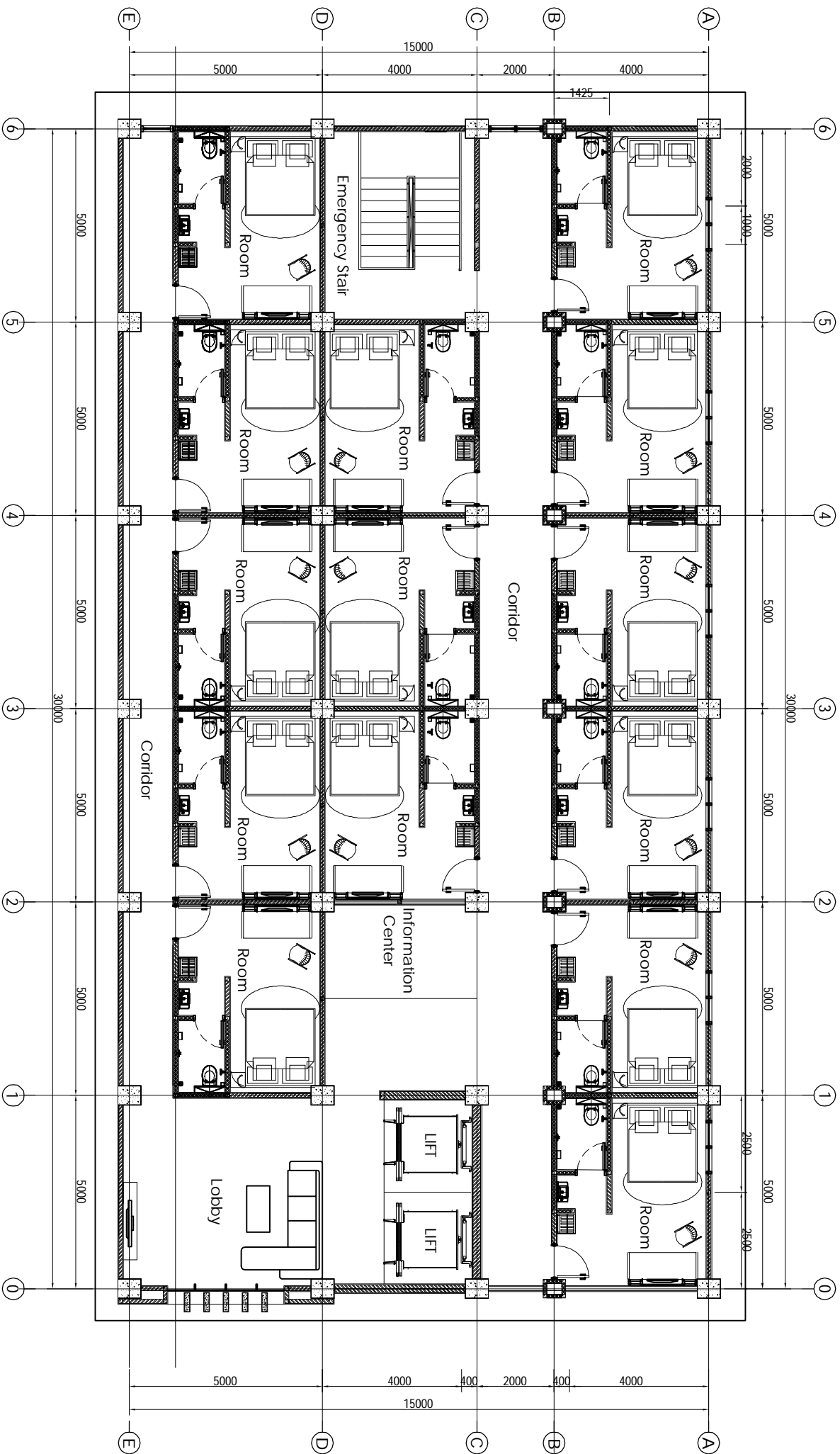
Skala
1:100

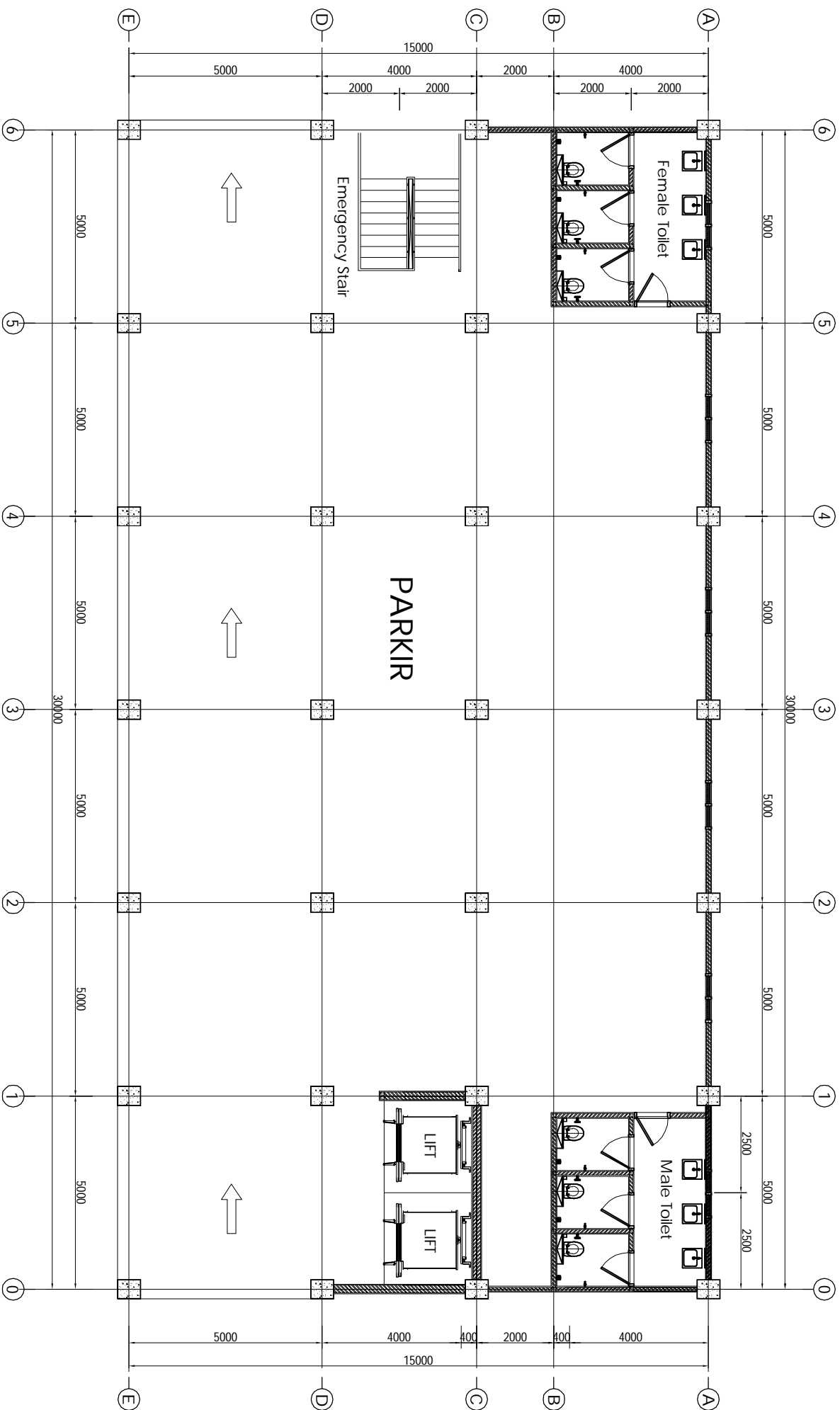
4


22

STR

KEIKRANGAIN






 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember		JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAANG		DOSEN PEMBIMBING Enddh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. It., Msc		MAHASISWA Jaka Setyadi AS 3112.106.038		Nama Gambar Denah Lantai 1	Skala 1:100	No.Lembar 3	Jml. Lembar 22	Kode STR	KETERANGAN
--	--	---	--	--	--	---	--	--------------------------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------	-------------------



Lontai Top	+34.30	Lontai Atop	+32.80	Lontai 10	+29.60	Lontai 9	+26.40	Lontai 8	+23.20	Lontai 7	+20.00	Lontai 6	+16.80	Lontai 5	+13.60	Lontai 4	+10.40	Lontai 3	+7.20	Lontai 2	+4.00	Lontai 1	+4.00

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	Nama Gambar	Skala	No. Lembar	Jml. Lembar	Kode	KETERANGAN
	MODIFIKASI PERANCANGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN FLAT SLAB PADA GEDUNG HOTEL PKPRI TRUNOJOYO KOTA SAMPAUNG	Endeh Wahyuni, ST., MSc., Ph.D Soewardjo R. Jr., Msc	Jaka Setyadi AS 3112.106.038	Tampak Samping	1:150	2	22	STR	

BIODATA PENULIS



Jaka Setyadi AS

Lahir di Sampang pada tanggal 28 Desember 1988. Penulis merupakan anak ke dua dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Krampon 1 (1995-2001), SMP Negeri 1 Torjun (2001-2004), SMA Negeri 1 Sampang (2004-2007), dan melanjutkan pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Bangunan Air di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2007-2010). Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3112 106 038. Penulis mengambil bidang studi struktur dan judul tugas akhir **“Modifikasi Perancangan Struktur Menggunakan *Flat Slab* Pada Gedung Hotel PKPRI Trunojoyo Kota Sampang”**.

Contact Person:

Email : jaka_setyadi@ymail.com

HP : 081703890895